

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**VREDNOTENJE DELOVANJA CENTRALNE ČISTILNE
NAPRAVE SLOVENJ GRADEC**

GREGOR MLAKAR

VELENJE, 2019

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**VREDNOTENJE DELOVANJA CENTRALNE ČISTILNE
NAPRAVE SLOVENJ GRADEC**

GREGOR MLAKAR

Mentor: prof. dr. Milenko Roš

Varstvo okolja in ekotehnologije

Na podlagi Diplomskega reda izdajam naslednji

SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

Študent Visoke šole za varstvo okolja **Gregor Mlakar** lahko izdela diplomsko delo z naslovom v slovenskem jeziku:

Vrednotenje delovanja centralne čistilne naprave Slovenj Gradec.

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku:

Performance evaluation of the operation of the central waste water treatment plant Slovenj Gradec.

Mentor: **prof. dr. Milenko Roš.**

Diplomsko delo mora biti izdelano v skladu z Diplomskim redom VŠVO.

Pouk o pravnem sredstvu: zoper ta sklep je dovoljena pritožba na Senat VŠVO v roku 8 delovnih dni od prejema sklepa.



Izr. prof. dr. Boštjan Pokorny
dekan

Visoka šola za varstvo okolja

Trg mladosti 7 | 3320 Velenje

t: 03 898 64 10 | f: 03 89864 13 | e: info@vsvo.si

www.vsvo.si



IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani/a GREGOR MLAKAR, vpisna številka 34090072, študent/ka visokošolskega strokovnega študijskega programa Varstvo okolja in ekotehnologije, sem avtor/ica diplomskega dela z naslovom

ki sem ga izdelal/a pod:

- mentorstvom prof. dr. MIKENKA ROŠA
- somentorstvom /

S svojim podpisom zagotavljam, da:

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

Datum: 15. 5. 2019

Podpis avtorja/ice: 

ZAHVALA

Zahvaljujem se sodelavcem Javnega podjetja Komunala Slovenj Gradec za vso nudeno podporo in pomoč med študijem. Posebej se zahvaljujem direktorjema, g. Edvardu Pušniku in g. Jožetu Dvorjaku, ki sta mi študij tudi omogočila. Prav tako se zahvaljujem mentorju, prof. dr. Milenku Rošu za pomoč in usmeritve pri izdelavi diplomskega dela.

Posebna zahvala velja moji družini, ki je verjela vame, me podpirala in bodrila.

Hvala!

IZVLEČEK

Z razvojem mestne občine Slovenj Gradec so se povečevali tudi izpusti odpadnih voda v reko Mislinjo. Zato je MO že leta 2002 pristopila k projektu izgradnje Centralne čistilne naprave, ki je leta 2005 pričela s preskusnim obratovanjem. MO je čistilno napravo v upravljanje zaupala Javnemu podjetju Komunala Slovenj Gradec, ki se čez vsa leta delovanja naprave trudi, da le ta deluje optimalno ter skladno z zakonodaja in da so obremenitve za okolje čim manjše.

V diplomskem delu smo se najprej posvetili teoretičnim izhodiščem kot je zakonodaja, opisali smo lastnosti odpadnih voda in prikazali nekaj različnih načinov biološkega čiščenja odpadnih voda. Podrobno smo prikazali tudi tehnologijo čiščenja odpadnih vod na CČN Slovenj Gradec. Ker nas je zanimala učinkovitost delovanja naprave, smo s pomočjo lastnih laboratorijskih testov ter s pomočjo monitoringov, za vseh trinajst let, dokazali, da čistilna naprava deluje zelo dobro. Seveda pa je delovanje mogoče še izboljšati, predvsem z ločevanjem mešanih kanalizacijskih sistemov.

KLJUČNE BESEDE

Čistilna naprava Slovenj Gradec, odpadna voda, biološko čiščenje odpadnih voda, odvajanje odpadnih voda, mejna vrednost.

ABSTRACT

With the development of the city municipality of Slovenj Gradec, also the discharge of wastewater into the Mislinja river increased. For this reason, in 2002, the local authority started to work on a project for the construction of the Central wastewater treatment plant, which began with an experimental operation in 2005. The Municipality entrusted the treatment plant to the Public Utility Company of Slovenj Gradec, which throughout its years of service has ensured that it operates optimally and following the legislation and that the environmental burdens are minimised.

In the diploma work, we first devoted our attention to the theoretical starting points, such as legislation, we described the characteristics of wastewater and showed some different ways of biological wastewater treatment. We also presented the technology of wastewater treatment at the Central wastewater treatment plant of Slovenj Gradec. As we were interested in the efficiency of the device, we managed to prove through our laboratory tests and with the monitoring of all thirteen years of operation that the treatment plant is operating

very well. Of course, the process can be further improved by separating combined sewage systems.

KEYWORDS

Waste water treatment plant Slovenj Gradec, wastewater, biological treatment of waste water, sewage disposal, limit value.

KAZALO VSEBINE

1.	UVOD.....	1
1.1	Organiziranost Javnega podjetja Komunala Slovenj Gradec d.o.o.....	1
1.2	Opredelitev problema in namen raziskave	3
2.	TEORETIČNI DEL.....	4
2.1	Zakonodaja o čiščenju vod	4
2.1.1	Evropski predpisi.....	4
2.1.2	Slovenska zakonodaja	4
2.1.3	Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode v RS.....	8
2.2	Odpadne vode	9
2.2.1	Fizikalne lastnosti.....	10
2.2.1.1	Temperatura	10
2.2.1.2	Barva.....	10
2.2.1.3	Vonj.....	10
2.2.1.4	Motnost.....	11
2.2.1.5	Prevodnost	11
2.2.1.6	Usedljivost	11
2.2.2	Kemijske lastnosti	11
2.2.2.1	pH.....	11
2.2.2.2	Alkaliteta	12
2.2.2.3	Trdne snovi.....	12
2.2.2.4	BPK ₅ (biokemijska potreba po kisiku).....	12
2.2.2.5	KPK (kemijska potreba po kisiku)	13
2.2.2.6	TOC.....	13
2.2.2.7	Dušik	13
2.2.2.8	Fosfor	13
2.2.2.9	Sulfati	13
2.2.2.10	Maščobe	14
2.2.3	Biološke lastnosti	14
2.3	Biološko čiščenje odpadnih vod	14
2.3.1	Biološko čiščenje s pritrjeno biomaso	14
2.3.2	Biološko čiščenje z razpršeno biomaso	15
3.	MATERIALI, METODE IN NAPRAVE.....	17
3.1	Centralna čistilna naprava Slovenj Gradec	17
3.1.1	Tehnologija čiščenja.....	17
3.1.2	Linija vode.....	18

3.1.3	Linija blata.....	20
3.2	Analizne metode za vrednotenje delovanja ČN.....	22
3.2.1	Vzorčenje.....	22
3.2.2	Pretok.....	22
3.2.3	Usedljivost blata (VU).....	22
3.2.4	Koncentracija aktivnega blata (x).....	22
3.2.5	Volumski indeks blata (VIB).....	23
3.2.6	KPK (kemijska potreba po kisiku).....	23
3.2.7	BPK ₅ (biološka potreba po kisiku).....	23
3.2.8	Amonijev dušik (NH ₄ -N).....	24
3.2.9	Nitratni dušik (NO ₃ -N).....	24
3.2.10	Celotni dušik (TN).....	24
4.	REZULTATI IN DISKUSIJA.....	26
4.1	Meritve količine odpadne vode.....	27
4.2	Meritve vrednosti KPK.....	29
4.3	Meritve BPK ₅	30
4.4	Meritve celotnega dušika.....	31
4.5	Meritve celotnega fosforja.....	32
5.	ZAKLJUČKI.....	33
6.	POVZETEK.....	34
7.	LITERATURA.....	35

KAZALO SLIK:

Slika 1:	Shematski prikaz postopka z aktivnim blatom.....	15
Slika 2:	Shematski prikaz delovanja CČN.....	17
Slika 3:	Shema finih grabelj z vhodnim črpališčem.....	18
Slika 4:	Shema prezračenega peskolova z maščobnikom.....	19
Slika 5:	Shema razdelilnega jaška, prezračevalnih bazenov in kompresorske postaje.....	20
Slika 6:	Shema naknadnega usedalnika s črpališčem blata.....	20
Slika 7:	Shema zgoščevalnika blata.....	21
Slika 8:	Shema dehidracije blata.....	21

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

Simbol	Pomen	Enota
KPK	kemijska potreba po kisiku	mg/L
BPK ₅	biokemijska potreba po kisiku v 5 dneh	mg/L
TOC	totalni organski ogljik	mg/L
NH ₄ -N	amonijev dušik	mg/L
NO ₃ -N	nitratni dušik	mg/L
TN	celotni dušik	mg/L
P	Fosfor	mg/L
X	koncentracija aktivnega blata	g/L
VIB	volumski indeks blata	mL/g
VU	usedljivost blata	mL/L
PE	populacijski ekvivalent	PE = 60 g BPK ₅ / PE dan
ČČN	centralna čistilna naprava	
ČN	čistilna naprava	
MO	mestna občina	
pH	merilo za koncentracijo hidronijevih ionov v raztopini	
Ur.l. RS	Uradni list Republike Slovenije	

1. UVOD

Kakovostno in ustrezno čiščenje odpadnih voda je ena izmed pglavitnih nalog vsake sodobne družbe. Odvajanje odpadnih voda so poznali že v antiki, nato pa je potonilo v pozabo. Po katastrofalnih epidemijah so ljudje, v renesansi, spet spoznali pomen urbanega odvajanja odpadne vode. Potrebe po čiščenju odpadne vode pa nastopijo mnogo kasneje. Prve čistilne naprave za odpadno vodo segajo v pozno 19. stoletje, ko so zaradi posledic neprečiščenih izpustov vedno večjih mest, ponovno izbruhnile epidemije. Od takrat je zbiranje in čiščenje odpadne vode ustaljena praksa, ki se nenehno razvija.

Tudi v občini Slovenj Gradec ni bilo nič drugače.

Z razvojem mesta in večanjem strnjenih naselij z mešanim kanalizacijskim sistemom se je zelo povečala obremenitev reke Mislinje. Pred izgradnjo čistilne naprave se je reka spremenila v kanalizacijsko strugo, v kateri je voda zaudarjala in bila zdravju škodljiva. Reka Mislinja s svojimi pritoki je spadala med močno do kritično obremenjene vodotoke (*Mestna občina Slovenj Gradec, 2002*).

Nastale razmere je bilo nujno sanirati, zato je mestna občina Slovenj Gradec, ob pomoči Ministrstva za okolje in prostor, sama vodila priprave za izvedbo naložbe v izgradnjo Centralne čistilne naprave in kanalizacijskega sistema, vključno s pridobivanjem Evropskih sredstev. Pot do izgradnje čistilne naprave je trajala kar nekaj let in se zaključila leta 2005, ko je naprava pričela s poizkusnim obratovanjem.

MO Slovenj Gradec je Centralno čistilno napravo zaupala v upravljanje Javnemu podjetju komunala Slovenj Gradec.

1.1 Organiziranost Javnega podjetja Komunala Slovenj Gradec d.o.o.

Podjetje je na osnovi Odloka o ustanovitvi Javnega podjetja komunala Slovenj Gradec organizirano kot družba z omejeno odgovornostjo v lasti Mestne občine Slovenj Gradec (87,97 %) in Občine Mislinja (12,03 %).

Poslovanje in delo podjetja vodi direktor. Odgovornosti in pristojnosti direktorja so določene v 18. členu Statuta Javnega podjetja komunala Slovenj Gradec.

Podjetje ima naslednje organe:

- ✓ nadzorni svet,
- ✓ direktorja,
- ✓ svet delavcev.

Podjetje je sestavljeno iz šestih obračunskih enot in uprave. Obračunske enote poslujejo po načelu profitnih centrov, kar pomeni, da se poslovni izid ugotavlja za vsako enoto posebej. Nepokriti stroški uprave se po dogovorjenem ključu, ki upošteva količino opravljenega dela, delijo na posamezne enote.

Enote podjetja z opisom dejavnosti:

- ✓ **Uprava:**
 - vodstvo podjetja,
 - računovodsko finančna dela,
 - pravne, kadrovske in splošne zadeve.

- ✓ **Strokovno tehnična služba:**
 - informatika,
 - kataster,
 - investicije,
 - ravnanje z okoljem.

- ✓ **Stanovanjska dejavnost:**
 - upravljanje stanovanj in poslovnih prostorov.

- ✓ **Komunalna oskrba:**
 - oskrba s pitno in požarno vodo,
 - odvajanje in čiščenje komunalne in padavinske odpadne vode,
 - zbiranje komunalnih odpadkov.

- ✓ **Komunalne storitve:**
 - čiščenje in vzdrževanje javnih površin,
 - letno in zimsko vzdrževanje občinskih cest,
 - letno in zimsko vzdrževanje gozdnih cest,
 - vzdrževanje prometne signalizacije,
 - pogrebna dejavnost in vzdrževanje pokopališč,
 - upravljanje parkirišč.

- ✓ **Komunalna energetika:**
 - proizvodnja in distribucija toplotne energije,
 - oskrba z zemeljskim plinom.

- ✓ **Gradnje, vzdrževanje in servis:**
 - izvajanje gradbenih, instalacijskih in prevoznih storitev,
 - vzdrževanje strojnega parka.

1.2 Opredelitev problema in namen raziskave

Trajnostna uporaba voda pomeni, da sta pomembni tako količina, kot kakovost površinskih in podzemnih voda. To lahko dosežemo le z dolgoročnim in učinkovitim varovanjem vodnih virov.

Na področju mestne občine Slovenj Gradec površinske vode obremenjujejo komunalne odpadne vode iz gospodinjstev, odpadne padavinske vode, kmetijske odpadne vode, industrijske odpadne vode, odpadne vode iz odlagališča nenevarnih odpadkov ter odpadne vode iz novozgrajenega centra za ravnanje z odpadki (KOCEROD). V preteklosti so se te vode odvajale skozi greznice in skozi kanalizacijo do izpusta neprečiščenih odpadnih voda v vodotoke. Dejavnost odvajanja in čiščenja odpadnih voda sedaj opravlja javno podjetje Komunala Slovenj Gradec d. o. o.

Slovenj Gradec se je, tako kot vsa večja mesta, ki so bila industrijsko razvita, srečeval s čedalje večjimi obremenitvami okolja, zato se je Mestna občina Slovenj Gradec odločila za gradnjo CČN. Leta 2002 je bila pripravljena projektna dokumentacija za izgradnjo CČN, s preskusnim obratovanjem pa je začela septembra 2005.

Namen diplomskega dela je opisati delovanje Centralne čistilne naprave Slovenj Gradec, s pomočjo dosedanjih rezultatov opravljenih monitoringov spremljati vrednosti KPK, BPK₅, volumen blata v prezračevalnikih (VB), koncentracijo blata (X) ter volumski indeks blata (VIB). Prav tako pa bomo spremljali vrednosti dušikovih spojin in vrednosti celotnega fosforja. Cilj dela je oceniti učinkovitost delovanja CČN glede na pridobljene rezultate in podati morebitne predloge za optimizacijo delovanja in lažje upravljanje naprave.

2. TEORETIČNI DEL

2.1 Zakonodaja o čiščenju odpadnih vod

Za sprejemanje zakonov je v Republiki Sloveniji pristojen parlament, za izvrševanje le-teh pa vlada in njena ministrstva. Zakoni in predpisi morajo biti usklajeni s pristojnimi dokumenti Evropske unije. Prav tako vlada izdaja podzakonske akte, kot so pravilniki, uredbe in odloki. Ne smemo pa pozabiti na vlogo lokalnih skupnosti, saj tudi občine prispevajo svoj delež v zakonodaji. Izdajajo občinske predpise (odloke, uredbe, pravilnike, sklepe), s katerimi podrobneje opredeljujejo zakonske in podzakonske predpise.

2.1.1 Evropski predpisi

Vstop Republike Slovenije (RS) v Evropsko unijo (EU) je močno zaznamoval tudi področje zakonskega in programskega urejanja okolja. Nacionalno zakonodajo je bilo potrebno uskladiti z evropsko, saj voda ni omejena samo na vsako posamezno državo, ampak je povezana s potoki, rekami, jezeri in morji drugih, sosednjih držav.

EU je pripravila celo vrsto pravnih okvirjev na področju okoljevarstva. Omenili bomo samo nekaj najpomembnejših, ki urejujejo vodno okolje, zbiranje, čiščenje ter odvajanje odpadnih voda:

- ✓ **Direktiva sveta (2000/60/EC)** (medmrežje 1), poznana tudi kot **okvirna vodna direktiva**, postavlja okvirje za celovito upravljanje z vodami, katere cilj je ohraniti in izboljšati vodno okolje v celotni EU,
- ✓ **Direktiva sveta ES (91/271/EEC)** (medmrežje 2). direktiva ureja zbiranje, čiščenje in odvajanje komunalne odpadne vode ter čiščenje in odvajanje odpadne vode iz določenih industrijskih sektorjev. Cilj te direktive je varstvo okolja pred škodljivimi vplivi odvajanja odpadne vode.
- ✓ **Direktiva Sveta EGS 91/676/EEC** (Medmrežje 3), bolj znana kot Nitratna direktiva. Namen navodil iz direktive je zmanjšanje onesnaženosti voda z nitrati zaradi kmetijske dejavnosti in nadaljnje preprečevanje takšnega onesnaženja. Bistvena pravila ravnanja se nanašajo predvsem na skladiščenje gnojevke in način ter letne termine gnojenja kmetijskih površin, upoštevanje načela dobre kmetijske prakse.
- ✓ **Direktiva sveta EGS (86/278/EEC)** (medmrežje 4). Namen te direktive je urediti uporabo blata iz ČN v kmetijstvu na način, da se preprečijo škodljivi učinki na tla, vegetacijo, živali in ljudi in hkrati spodbujati pravilno uporabo blata iz ČN.

2.1.2 Slovenska zakonodaja

- ✓ **Zakon o varstvu okolja (ZVO-1-UPB1)** (Uradni list RS, št. 39/06 – uradno prečiščeno besedilo, 49/06 – ZMetD, 66/06 – odl. US, 33/07 – ZPNačrt, 57/08 – ZFO-1A, 70/08, 108/09, 108/09 – ZPNačrt-A, 48/12, 57/12, 92/13, 56/15 in 102/15)

Kot krovni zakon na področju okolja, ureja varstvo okolja pred obremenjevanjem, kar predstavlja temeljni pogoj za trajnostni razvoj. Določa temeljna načela varstva okolja, ukrepe varstva okolja, spremljanje stanja okolja in informacije o okolju, ekonomske in finančne instrumente varstva okolja, javne službe varstva okolja in druga, z varstvom okolja, povezana vprašanja. Namen varstva okolja je spodbujanje in usmerjanje takšnega družbenega razvoja, ki omogoča dolgoročne pogoje za človekovo zdravje, počutje in kakovost njegovega življenja ter ohranjanje biotske raznovrstnosti. Cilji varstva okolja so zlasti preprečitev in zmanjšanje obremenjevanja okolja, ohranjanje in izboljševanje kakovosti okolja, trajnostna raba naravnih virov, zmanjšanje rabe energije in večja uporaba obnovljivih virov energije, odpravljanje posledic obremenjevanja okolja, izboljšanje porušenega naravnega ravnovesja in ponovno vzpostavljanje njegovih regeneracijskih sposobnosti, povečevanje snovne učinkovitosti proizvodnje in potrošnje ter opuščanje in nadomeščanje uporabe nevarnih snovi. Za doseganje omenjenih ciljev spodbuja proizvodnjo in potrošnjo, ki prispeva k zmanjšanju obremenjevanja spodbuja razvoj in uporabo tehnologij, ki preprečujejo, odpravljajo ali zmanjšujejo obremenjevanje okolja in plačuje obremenjevanje in rabo naravnih virov okolja, spodbuja razvoj in uporabo tehnologij, ki preprečujejo, odpravljajo ali zmanjšujejo obremenjevanje okolja in plačuje obremenjevanje in rabo naravnih virov.

- ✓ **Uredba o merilih za določanje razvitosti infrastrukture in obremenjenosti okolja zaradi ugotavljanja deleža plačila občini za koncesijo na naravni dobrini** (Uradni list RS, št. 74/04).

Uredba določa merila za določanje razvitosti infrastrukture lokalnih gospodarskih javnih služb varstva okolja in obremenjenosti okolja, ki ju je treba ugotoviti zaradi določitve deleža plačila za koncesijo na naravni dobrini, ki pripada občini.

Pri čiščenju odpadne vode je treba upoštevati vrsto predpisov, ki so povezani z vodami. Hkrati je še treba poznati vrsto ostalih predpisov, ki so povezani z delovanjem ČN. Čistilna naprava povzroča, s svojim delovanjem, razne emisije, kot so vonjave in hrup ter proizvaja razne odpadke, ki jih je treba odlagati na primerna odlagališča, glede na njihovo sestavo.

Osnovni predpisi s področja vodnega varstva so:

- ✓ **Zakon o vodah (ZV-1)** (Uradni list RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdl-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14 in 56/15)

Ureja upravljanje z morjem, celinskimi in podzemnimi vodami ter vodnimi in priobalnimi zemljišči. Upravljanje z vodami ter vodnimi in priobalnimi zemljišči, obsega varstvo voda, urejanje voda in odločanje o rabi voda. Ureja tudi javno dobro in javne službe na področju voda, vodne objekte in naprave ter druga vprašanja, povezana z vodami. Cilj upravljanja z vodami ter vodnimi in priobalnimi zemljišči je doseganje dobrega stanja voda in drugih, z vodami povezanih ekosistemov, zagotavljanje varstva pred škodljivim delovanjem voda, ohranjanje in uravnavanje vodnih količin in spodbujanje trajnostne rabe voda, ki omogoča različne vrste rabe voda ob upoštevanju dolgoročnega varstva razpoložljivih vodnih virov in njihove kakovosti.

- ✓ **Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda ter o pogojih za njegovo izvajanje** (Uradni list RS, št. 94/14 in 98/15).

Pravilnik določa vrste parametrov odpadnih vod, ki so predmet prvih meritev ter obratovalnega monitoringa odpadnih vod, metodologijo vzorčenja in merjenja parametrov in količin odpadnih vod.

Pridobljene podatke in poročila o prvih meritvah in emisijskem monitoringu je treba sporočiti Ministrstvu za okolje in prostor. Pravilnik določa tudi strokovne in referenčne pogoje, ki jih mora izpolnjevati oseba, ki izvaja prve meritve ali emisijski monitoring. Preglednice pogostosti prvih in občasnih meritev in čas vzorčenja za komunalne, skupne čistilne naprave in posamezen iztok iz naprave so podane v prilogi (Priloga 1 v Uradnem listu RS, št. 74/2007). V pravilniku so tudi podrobneje opisani vsi standardi za izvajanje prvih meritev in emisijskega monitoringa odpadnih vod.

- ✓ **Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo** (Uradni list RS, št. 64/12, 64/14 in 98/15).

Uredba določa pogoje, v zvezi z zmanjševanjem onesnaževanja okolja, zaradi odvajanja snovi in emisije toplote v vode, ki nastaja pri odvajanju komunalne, industrijske in padavinske odpadne vode ter njihovih mešanici v vodi, kot so: mejne vrednosti emisije snovi v vodi in javno kanalizacijo, mejne vrednosti emisije toplote v vodi, vrednotenje emisije snovi in toplote ter prepovedi, omejitve in druge ukrepe zmanjševanja emisije snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda.

- ✓ **Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode** (Uradni list RS, št. 98/15)

Ta uredba določa vrste nalog, ki se izvajajo v okviru opravljanja storitev obvezne občinske gospodarske javne službe odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode. Uredba določa tudi obveznosti občin in izvajalcev javne službe pri opravljanju javne službe. S to uredbo so določeni tudi standardi komunalne opremljenosti, ki morajo biti izpolnjeni za odvajanje in čiščenje komunalne odpadne vode.

- ✓ **Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi odvajanja odpadnih voda** (Uradni list RS, št. 80/12 in 98/15).

Uredba določa vrsto onesnaževanja, osnovo za obračun okoljske dajatve, njeno višino in način njenega obračunavanja, odmere ter plačevanja, obveznost plačevanja, zavezance za posamezno okoljsko dajatev, prejemnike in plačnike okoljskih dajatev za odvajanje industrijske in komunalne odpadne vode v javno kanalizacijo, površinske vode ali posredno v podzemne vode.

- ✓ **Uredba o vodovarstvenem območju za vodna telesa vodonosnikov na območju Slovenj Gradca** (Uradni list RS, št. 56/15).

Ta uredba določa vodovarstveno območje za vodna telesa vodonosnikov, ki se uporabljajo za oskrbo prebivalstva s pitno vodo in je na območju občin Črne na Koroškem, Dravograda, Mislinje, Ribnice na Pohorju, Vuzenice in Mestne občine Slovenj Gradec, ter vodovarstveni režim.

- ✓ **Odlok o odvajanju in čiščenju komunalnih odpadnih in padavinskih voda na območju Mestne občine Slovenj Gradec** (Ur. l. RS, št. 68/04).

Ta odlok ureja način izvajanja obvezne lokalne gospodarske javne službe odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih in padavinskih voda na območju Mestne občine Slovenj Gradec, in sicer določa:

- splošne pogoje gospodarjenja s komunalnimi napravami in objekti, ki služijo odvajanju in čiščenju komunalnih odpadnih in padavinskih voda iz naselij in posameznih objektov uporabnikov, ki so priključeni na javno kanalizacijsko omrežje ,
- pogoje in način odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih voda,

- odvajanje padavinskih voda,
 - vire financiranja javne službe ter način njihovega oblikovanja,
 - pravice in obveznosti upravljavca in uporabnikov.
- ✓ **Uredba o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu** (Ur. l. RS, št. 62/08).

Uredba določa ukrepe in ravnanje z blatom iz komunalnih čistilnih naprav, če se uporablja kot gnojilo v kmetijstvu, prepovedi in omejitve v zvezi s tako uporabo ter obveznost poročanja Evropski komisiji.

Blato je:

- odpadno blato iz komunalnih čistilnih naprav in malih komunalnih čistilnih naprav, vključno z blatom iz skupnih čistilnih naprav,
 - odpadno blato iz greznic in nepretočnih greznic,
 - odpadno blato iz čistilnih naprav, ki niso čistilne naprave iz prve alineje te točke, vključno z blatom iz nepretočnih greznic.
- ✓ **Zakon o gospodarskih javnih službah (ZGJS)** (Uradni list RS, št. 32/93, 30/98 – ZZLPP0, 127/06 – ZJZP, 38/10 – ZUKN in 57/11 – ORZGJS40).

Zakon ureja način in oblike izvajanja gospodarskih javnih služb. Z gospodarskimi javnimi službami se zagotavljajo materialne javne dobrine, v smislu proizvodov in storitev, ki so v javnem interesu RS oziroma občine ali druge lokalne skupnosti.

Gospodarske javne službe se določijo z zakoni s področja energetike, prometa in zvez komunalnega in vodnega gospodarstva, varstva okolja ter z zakoni, ki urejajo druga področja gospodarske infrastrukture. Pri zagotavljanju javnih dobrin in storitev je pridobivanje dobička podrejeno zadovoljevanju javnih potreb. Gospodarske javne službe se zato financirajo s ceno javnih dobrin, iz proračunskih sredstev in iz drugih virov, določenih z zakonom ali odlokom lokalne skupnosti.

- ✓ **Zakon o prostorskem načrtovanju (ZPN)** (Uradni list RS, št. 33/07, 70/08 – ZVO-1B, 108/09, 80/10 – ZUPUDPP, 43/11 – ZKZ-C, 57/12, 57/12 – ZUPUDPP-A, 109/12, 76/14 – odl. US, 14/15 – ZUUJFO in 61/17 – ZUreP-2).

Ta zakon ureja prostorsko načrtovanje in uveljavljanje prostorskih ukrepov za izvajanje načrtovanih prostorskih ureditev, zagotavljanje opremljanja zemljišč za gradnjo ter vodenje sistema zbirk prostorskih podatkov. V njem se določa tudi pogoje za opravljanje dejavnosti prostorskega načrtovanja in določa prekrške, v zvezi z urejanjem prostora in opravljanjem dejavnosti prostorskega načrtovanja. Namen urejanja prostora je omogočiti skladen prostorski razvoj z usklajevanjem gospodarskih, družbenih in okoljskih vidikov razvoja. Usmerjanje razvojnih procesov in z njimi povezanih prostorskih ureditev mora izhajati iz uravnoteženosti razvojnih potreb. Nova poselitve se usmerja v poselitvena območja, zunaj poselitvenih območij je izjemoma dopustna gradnja, med drugim tudi objektov okoljske javne infrastrukture. Prostorski akti in druge odločitve o zadevah urejanja prostora morajo temeljiti na predpisih, analizah in strokovnih dognanjih o lastnostih in zmogljivostih prostora in okolja.

2.1.3 Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode v RS

Operativni program izhaja iz Nacionalnega programa varstva okolja (Uradni list RS, št. 39/06). Resolucije o nacionalnem programu varstva okolja 2005 – 2012, z novelacijo za obdobje 2005 - 2017 (Uradni list RS, št. 2/06) in zahtev Uredbe o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode (Uradni list RS, št 98/15, 76/17 in spremembe v javni obravnavi / 18

Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode se nanaša na celotno območje Republike Slovenije in je eden ključnih izvedbenih aktov za doseganje ciljev na področju varstva voda pred onesnaženjem z odvajanjem komunalne odpadne vode. Je izvedbeni akt, s katerim se za vsako posamezno aglomeracijo, za katere je v predpisanih rokih treba zagotoviti opremljenost z javno infrastrukturo oziroma ob izpolnjevanju predpisanih pogojev opremljenost z drugo ustrezno infrastrukturo za odvajanje in čiščenje komunalne odpadne vode, podrobneje določijo zahteve v zvezi z odvajanjem in čiščenjem komunalne odpadne vode in roki za doseganje teh zahtev. Z operativnim programom odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode se podrobneje določijo tudi obveznosti v zvezi z opremljanjem posameznih objektov na območjih izven meja aglomeracij, oziroma na območjih, ki niso opremljena z javno kanalizacijo in opremljanje z javno kanalizacijo tudi ni predpisano.

2.2 Odpadne vode

Odpadne vode nastajajo iz različnih virov kot so industrija, gospodinjstvo, kmetijstvo ter padavine. Komunalne in industrijske odpadne vode so kompleksne narave in vsebujejo lažje in težje biorazgradljive snovi ter biološko nerazgradljive snovi, ki jih je treba odstraniti preden jih vrnemo nazaj v okolje. Pred začetkom čiščenja odpadne vode moramo poznati njen izvor oziroma tehnologijo, kjer je nastala. Za kakovostno ovrednotenje odpadne vode uporabljamo splošne parametre kot so temperatura, vrednost pH, vsebnost neraztopljenih in usedljivih snovi, kemijska (KPK) in biokemijska (BPK) potreba po kisiku. Glede na značilnost vira odpadne vode določamo tudi vsebnost težkih kovin, dušikovih spojin, fosforja, klora in žveplovih spojin ter celotni organski ogljik (TOC), masti, olja, fenole in površinsko aktivnih snovi. V tabeli 1 so prikazane vrednosti parametrov onesnaženja za močno, srednje in nizko onesnaženo komunalno odpadno vodo (Kurbus, 2008).

Tabela 1: Značilne vrednosti parametrov onesnaženja za močno, srednje in nizko onesnaženo komunalno odpadno vodo.

Parameter	Koncentracija v mg/L		
	Močno	Srednje	Nizko
BPK ₅	400	220	110
KPK	1000	200	250
Organski dušik	35	15	8
Amonijev dušik	50	25	12
Celotni dušik	85	40	20
Celotni fosfor	15	8	4
Neraztopljene snovi	1200	720	350
Suspendirane snovi	350	220	100

V odpadnih vodah so lahko tudi patogene bakterije, kot so Salmonella in E. coli. Če pridejo omenjene bakterije, z odpadno vodo, v naravni ekosistem, lahko negativno vplivajo na vodne organizme.

Zelo pomembna parametra sta biorazgradljivost in strupenost odpadne vode, ki pa sta medsebojno povezana. Odpadna voda, ki vsebuje strupene snovi, lahko zmanjša aktivnost bakterij, posledično pa se zniža tudi stopnja biološke razgradnje. Hitrost in obseg biorazgradnje je pogojena s strukturo snovi ter s količino in tipom mikroorganizmov (Kurbus, 2008).

Eden od glavnih virov onesnaženja so dušikove (organski dušik, amonijak, nitrit in nitrat) in fosforjeve spojine, ki lahko v čezmernih količinah v površinskih vodah povzročijo pojav evtrofikacije. To je čezmerna rast alg in drugih višjih rastlin, ki pri razgrajevanju porabljajo kisik v vodi. Zaradi pomanjkanja kisika odmre večina vodnih organizmov in posledica je porušitev vodnega ekosistema (Kurbus, 2008).

Ko poznamo vse potrebne parametre odpadne vode, se odločimo s katerim postopkom čiščenja bomo obdelali odpadno vodo. Za industrijske in komunalne odpadne vode, ki vsebujejo velik delež biorazgradljivih ogljikovih in dušikovih spojin, se najbolj uporablja biološko čiščenje (Kurbus, 2008).

Narava odpadne vode vključuje fizikalne, kemijske in biološke lastnosti, ki so odvisne od uporabe vode v naseljih, vaseh ali mestih, od prispevka industrije in trgovine, vremena in infiltracije (dotoka) t. i. tujih vod (vode, ki dotekajo v kanalizacijski sistem zaradi netesnih cevi).

2.2.1 Fizikalne lastnosti

2.2.1.1 Temperatura

Temperatura odpadne vode je običajno višja od temperature zraka, razen v najbolj vročih poletnih mesecih (Roš, 2003). Odvisno od geografskih dejavnikov in letnega časa niha med 5 in 20 °C (Roš, 2001).

Optimalna temperatura za aktivnost bakterij v odpadni vodi niha nekje med 25 in 35 °C. Aerobna razgradnja in nitrifikacija se ustavita, če temperatura naraste na 50 °C. Kadar temperatura pade na 15 °C ali manj, se aktivnost bakterij, ki proizvajajo metan, zelo zmanjša. Pri temperaturi pod 12 °C postanejo avtotrofne bakterije, ki sodelujejo pri procesu nitrifikacije, neaktivne. Pri 2 °C celo heterotrofne bakterije, ki razgrajujejo ogljikove spojine, preidejo v fazo mirovanja (Roš, 2003).

Temperatura vode prav tako vpliva na topnost kisika v vodi. Kisik je manj topen v topli kot v hladni vodi (Roš, 2003).

Temperatura odpadne vode ne bi smela variirati, saj takšna nihanja zelo vplivajo na biološki proces. Biološka aktivnost naj bi se celo podvojila, kadar temperatura naraste za 10 °C. V praksi pa se je pokazalo, da se z večanjem koncentracije biološkega blata vpliv temperature na biološki proces, manjša (Roš, 2001).

2.2.1.2 Barva

Barva odpadne vode je odvisna od količine ter vrste raztopljenih, suspendiranih in koloidnih snovi, ki so prisotne v odpadni vodi. Normalna sveža odpadna voda je sive barve (Roš, 2003).

2.2.1.3 Vonj

Vonj, čeprav zelo subjektiven parameter, lahko izkušenemu operaterju nudi dragocene informacije. Sveža odpadna voda ima običajno zatohel vonj. Ostale vonjave, npr. po nafti, topilih ali neobičajnih vonjavah, so lahko posledica industrijskega razlitja. Anaerobna razgradnja odpadne vode proizvaja vodikov sulfid, ki je strupen, koroziven in potencialno eksploziven. Količine odpadne vode, glede na pritok in vonj, nihajo med dnevom, tednom in letom (Roš, 2003).

2.2.1.4 Motnost

Motnost odpadne vode je merjena s turbidimetrom. Kaže na prisotnost suspendiranih snovi in na nizko koncentracijo trdnih snovi. Motnost je pomembna predvsem v iztoku iz čistilne naprave, kjer lahko zaznavamo povečane koncentracije suspendiranih snovi (Roš, 2003).

2.2.1.5 Prevodnost

Prevodnost kaže na prisotnost raztopljenih snovi. Odpadna voda ima normalno območje prevodnosti, ki je neposredno povezana s koncentracijo raztopljenih snovi v vodovodni vodi. Večje povečanje prevodnosti v odpadni vodi je običajno posledica nenormalnih izpustov, zelo verjetno iz industrijskih virov. Merjenje prevodnosti lahko uporabljamo za določanje časa toka odpadne vode med črpališči ali med ostalimi mesti v kanalizacijskem sistemu. Postopek zahteva dodajanje raztopine prevodne snovi, npr. soli, v zgornji tok odpadne vode ter merjenje pretečenega časa, dokler prevodnost ne naraste v spodnjem delu toka, kjer merimo prevodnost (Roš, 2003).

2.2.1.6 Usedljivost

Trdne snovi v odpadni vodi običajno razvrstimo v raztopljene, koloidne, plavajoče in usedljive. Raztopljene, koloidne in plavajoče snovi prištevamo v isto skupino, znano kot neusedljive snovi. Koloidni delci (zelo fini delci) se ne usedajo, ampak jih lahko prefiltriramo skozi filter velikosti 0,45 µm. Plavajoče snovi so tiste, ki splavajo na površino, če voda stoji. Plavajoče snovi navadno vsebujejo olja in maščobe, ki lahko povzročajo veliko onesnaženje. Usedljivost merimo ali z enournim ali s 30-minutnim preskusom usedanja. Za enourni preskus usedljivosti potrebujemo konični valj, imenovan Imhoffov lij. Ta preskus se uporablja za surovo odpadno vodo in iztok odpadne vode iz primarnega čiščenja. Določimo količino prisotnih usedljivih snovi in učinkovitost primarnih usedalnikov. Značilno območje za surovo odpadno vodo je 10 do 20 ml/l, za vodo po primarnem čiščenju pa 0,1 do 1,0 ml/L.

Polurni volumetrični preskus za usedljive snovi uporabljamo za določitev lastnosti usedanja kosmov aktivnega blata iz prezračevalnika čistilne naprave. Meritev izražamo v ml/l za suspendirane snovi blata (SSV). Običajno območje je med 100 in 300 mL/L. Rezultati preskusa so odvisni od koncentracije suspendiranih snovi (Roš, 2003).

2.2.2 Kemijske lastnosti

2.2.2.1 pH

Hišne odpadne vode imajo navadno pH-vrednost med 6 in 8 in so tudi na podlagi te lastnosti precej dovzetne za biološko oksidacijo (Roš, 2003).

Bazičnost ali alkalnost rezultira iz prisotnosti hidroksidov, karbonatov in bikarbonatov, elementov kalcija, magnezija, natrija, kalija ali amonijaka. Najpogostejša sta kalcijev in magnezijev bikarbonat. Tudi borati, silikati, fosfati in podobne komponente lahko prispevajo k alkalnosti (Roš, 2003).

pH-vrednost odpadne vode vpliva na kemijsko in ekološko ravnovesje vodnega okolja (Roš, 2003).

Velik vpliv ima tudi na mikrobnost in naseljitveno populacijo v vodah (Roš, 2001).

Kislina, baze in soli lahko v vodah učinkujejo na več različnih načinov kot direktni porabniki kisika, in sicer:

- ✓ kadar se pojavijo enostavne, hitro razkrojljive ogljikove kisline, pride zaradi hitre mineralizacije do tvorbe ogljikovega dioksida, ki lahko pospešuje rast (cvetenje),
- ✓ sprememba vrednosti pH lahko direktno in indirektno vpliva na metabolizem,
- ✓ kisline, baze in soli lahko učinkujejo kot strupi (ovirajo proces samočiščenja ali ga celo zavro) (Roš, 2001).

Na čistilni napravi je vrednost pH eden izmed pomembnejših parametrov odpadne in očiščene vode (Roš, 2003).

2.2.2.2 Alkaliniteta

Alkaliniteta je merilo sposobnosti odpadne vode, da nevtralizira kislino in je izražena v mg/l kalcijevega karbonata. Alkaliniteto povzroča vrsta spojin. Visoka alkaliteta odpadne vode v ČN omogoča, da kisli industrijski vtoki v ČN ne vplivajo znatno na proces čiščenja (Roš in ostali, 2005).

2.2.2.3 Trdne snovi

Trdne snovi se z vidika kemijske analize delijo v različne frakcije. Določanje različnih velikosti trdnih snovi in njihovih koncentracij zagotovi uporabne podatke za karakterizacijo odpadne vode in kontrolo procesov čiščenja. Trdne snovi delimo na suspendirane in raztopljene. Vsako od teh skupin lahko nadalje razdelimo v njihovo hlapno in nehlapno frakcijo. Skupna prisotnost trdnih snovi je masa snovi, ki ostane na filtru po izparevanju odpadne vode pri 103 °C, do konstantne teže (Roš in ostali, 2005).

2.2.2.4 BPK₅ (biokemijska potreba po kisiku)

Določanje biokemijske potrebe po kisiku (BPK) sodi med oksidacijske metode za določanje količine organskih snovi v vodi, pri kateri je oksidacijska snov v vodi raztopljeni kisik. Slednji ob posredovanju mikroorganizmov razkroja organsko materijo. Biokemijska potreba po kisiku je biološki test, pri katerem ugotavljamo zmanjšanje koncentracije kisika po preteku 5 dni (BPK₅) oziroma 21 dni (BPK₂₁), kolikor je potrebno za popolno oksidacijo biološko razgradljivega onesnaženja. BPK pa ni odvisen samo od količine in koncentracije organskih snovi, ampak tudi od števila in aktivnosti mikroorganizmov, temperature, turbulence in tako dalje. Zato je pogoje določanja treba standardizirati, da rezultate lahko primerjamo. Optimalno je, da proces poteka pri temperaturi 20 °C brez cepljenja mikroorganizmov. KPK je praviloma večja od BPK, ker pri prvi oksidirajo tudi biološko nerazgradljive ali težko in počasi razgradljive snovi. V primeru, da je v vodi vsa organska snov razgradljiva, sta kemijska in biokemijska potreba po kisiku izenačeni. Za mnoge tipe odpadnih voda je možno potegniti vzporednico med njihovo KPK in BPK. Slednje je lahko zelo koristno, saj je KPK mogoče določiti v roku treh ur, medtem ko za določitev BPK₅ potrebujemo vsaj pet dni (Roš, 2001).

2.2.2.5 KPK (kemijska potreba po kisiku)

Merilo za organsko onesnaženje v površinskih in odpadnih vodah je kemijska potreba po kisiku (KPK). Organske nečistoče določamo tako, da jih v določenih razmerah oksidiramo in iz porabe oksidanta (KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ in NaOCl) sklepamo na količino organskih snovi. S kemijsko potrebo po kisiku določimo vse organske snovi, ne moremo pa ločiti med biološko razgradljivimi in biološko inertnimi organskimi snovmi. Zato je KPK dopolnilo BPK in ne nadomestilo zanjo, ki pove, kolikšna je množina kisika, porabljena za biološko razgradnjo organskih snovi v primerjavi z razmerami v naravi. Smiselno je sočasno vrednotenje onesnaženja z BPK in s KPK (Roš, 2003).

2.2.2.6 TOC

S celotnim oz. totalnim organskim ogljikom (TOC) določimo količino organsko vezanega ogljika v odpadni vodi in je alternativni parameter za oceno KPK. Z njim določimo koncentracijo organsko vezanega ogljika v odpadni vodi. Ker je analiza TOC hitra v primerjavi z določanjem KPK, se pri znanih odpadnih vodah TOC nadomešča s KPK (Roš in ostali, 2005).

2.2.2.7 Dušik

Človek s svojimi dejavnostmi vnaša v vodne sisteme vedno večje količine dušikovih spojin, od katerih predstavljajo nekatere nevarnost za zdravje zaradi visoke koncentracije (npr. nitrati), druge pa so strupene tudi v zelo nizkih količinah (Roš, 2001).

Dušik in fosfor sta bistvena elementa za rast enoceličarjev in rastlin, zato sta znana kot hranili in biološka stimulansa. Dušik je pomemben gradnik pri sintezi beljakovin in podatki o prisotnosti dušika v vodah so pomembna informacija pri ocenjevanju učinkovitosti bioloških čistilnih procesov. V vodah je največ anorganskega dušika, ki je vezan v amonijevih spojinah, amonijaku, nitritih in nitratih, nekaj pa ga je tudi v organskih spojinah (aminokislina, beljakovine, huminske substance) (Roš, 2001).

2.2.2.8 Fosfor

Organske komponente fosforja v hišnih odpadnih vodah so manjšega pomena. Fosfor je tako kot dušik bistven za rast alg in drugih organizmov. Vendar pa zaradi škodljivega in nezaželenega cvetenja alg, ki se vse pogosteje bohotijo v površinskih vodah, obstaja vedno več razlogov za nadziranje fosfornih komponent, ki s komunalnimi ali industrijskimi vodami prihajajo v površinske vode (Roš, 2003).

2.2.2.9 Sulfati

Žveplo je potrebno pri sintezi beljakovin in se sprošča med njihovo razgradnjo. Sulfati se s pomočjo biološke redukcije v anaerobnih pogojih pretvorijo v sulfide. Slednji se lahko spajajo z vodikom in nastane smrdljiv plin vodikov sulfid (H_2S) (Roš, 2003).

2.2.2.10 Maščobe

Maščobe sodijo med stabilnejše organske komponente odpadnih voda in se pod vplivom bakterijske aktivnosti zelo nerade razgradijo. V odpadni vodi povzročajo težave, tako v kanalskem omrežju, kot na čistilni napravi. Če se ne odstranijo pred izpustom v okolje, tvorijo neprivilačno plavajočo maščobno prevleko na površini ter postanejo resna motnja za življenje v površinskih vodah (Roš in ostali, 2005).

Maščobe na površini vode (npr. plast olja) bistveno zmanjšajo, ali celo prekinajo navzemanje kisika iz atmosfere (Roš, 2001).

2.2.3 Biološke lastnosti

Biološke lastnosti odpadnih vod lahko razdelimo na:

- ✓ celotne koliformne bakterije,
- ✓ fekalne koliformne bakterije,
- ✓ fekalni streptokoki,
- ✓ salmonela,
- ✓ enterovirusi ter
- ✓ strupenost (toksičnost).

Celotne in koliformne bakterije najdemo v večjem številu v okolju. Prav tako so prisotne tudi v surovi odpadni vodi. Sekundarno čiščenje z aktivnim blatom bistveno zmanjša nivo teh bakterij, določeno število po sekundarnem čiščenju še vedno ostaja v iztoku. Celotne in fekalne koliformne bakterije same po sebi niso patogene, vendar se uporabljajo kot indikatorski organizmi, ker so bolj odporne proti dezinfekciji kot večina patogenih bakterij (Roš in ostali, 2005).

2.3 Biološko čiščenje odpadnih vod

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

Biološko čiščenje odpadnih vod temelji na razgradnji organskih in anorganskih snovi ob pomoči mikroorganizmov pri določenih razmerah. Med mikroorganizmi prevladujejo bakterije, ostalo so praživali, mnogoceličarji, glive in virusi. Dušikove in ogljikove spojine, prisotne v odpadnih vodah, se lahko odstranijo oziroma se lahko zniža njihova vrednost z biološko obdelavo. Med biološke postopke čiščenja spadajo številni sistemi, ki uporabljajo kot osnovo za čiščenje aktivno blato.

2.3.1 Biološko čiščenje s pritrjeno biomaso

Biološke čistilne naprave s pritrjeno biomaso vsebujejo nosilec, na katerega se pritrdi biomasa in tvori film. Nosilci biofilma so lahko aktivno oglje, premog, kremenčev pesek, steklo, keramika ali plastika in so različnih oblik. Pomembno je, da so dovolj porozni in omogočajo pritrnitev

biomase ter da imajo veliko specifično površino. Odpadna voda, ki priteka v reaktor, teče preko nosilca z biofilmom in pri tem kisik in odpadna voda difundirata v biomaso, kjer poteče biološko čiščenje. Ko se nosilec obrača z biofilmom, se ne spreminja le količina temveč tudi sestava biomase. Najprej sestavljajo biofilm pretežno bakterije, nato se v njem naselijo praživali, nazadnje pa še mnogoceličarji. K biološkim čistilnim napravam s pritrjeno biomaso spadajo:

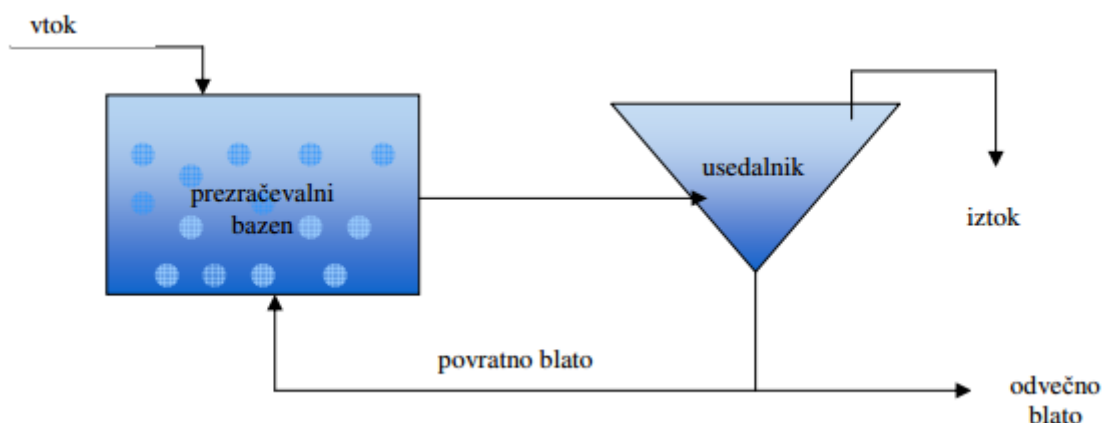
- ✓ rotirajoči biološki kontaktorji,
- ✓ precejalniki,
- ✓ biofiltri.
- ✓ MBBR (*angl.* Moving Bed Biofilm Reactor)

Najmanjšo uporabnost imajo precejalniki, ker imajo nekontroliran dotok zraka (Roš, 2001) Največjo uporabnost ima tehnologija MBBR, ker združuje dobre lastnosti sistemov s suspendirano biomaso (aktivno blato) in s pritrjeno biomaso (biofilmi) ter želi izničiti negativne lastnosti klasičnega sistema, ki so vezane predvsem na omejeno sposobnost enkratnih visokoh obremenitev in velikih izgub biomase, zaradi hidravličnih udarov, ki se lahko pojavljajo v sistemu.

Pri MBBR-čistilnih napravah je količina odstranjenih hraniv bistveno višja kot pri čistilnih napravah z razpršeno biomaso, saj so na nosilcih pritrjeni bolj »specializirani« mikroorganizmi (McGraw, 2003).

2.3.2 Biološko čiščenje z razpršeno biomaso

V bioloških čistilnih napravah z razpršeno biomaso je biomasa suspendirana v prezračevalnem reaktorju. Takšne čistilne naprave imenujemo čistilne naprave z aktivnim blatom. Osnovni proces čiščenja z aktivnim blatom imenujemo konvencionalni biološki način čiščenja odpadnih vod. Tak sistem je sestavljen iz enega ali več prezračevalnikov in bistrilnika oziroma usedalnega bazena (slika 1). Odpadna voda se dovaja v prezračevalni bazen, ki je napolnjen z aktivnim blatom. Po reakciji v prezračevalniku odteka voda gravitacijsko iz prezračevalnika v usedalnik, kjer se suspendirane snovi ločijo od čiščene vode. Koncentrirana suspenzija aktivnega blata se vrača nazaj v prezračevalnik. Ker se mikroorganizmi v procesu neprestano razmnožujejo, je treba odvečno aktivno blato redno odstranjevati (Gray, 2004).



Slika 1: Shematski prikaz konvencionalnega postopka čiščenja z aktivnim blatom

Med sisteme z razpršeno biomaso spadajo:

- ✓ konvencionalni sistem z aktivnim blatom, ki je lahko različnih izvedb (s popolnim premešanjem, s kontaktno stabilizacijo, s postopnim dovajanjem in procesi s čepastim tokom) in
- ✓ šaržni biološki reaktor, ki je sestavljen iz enega bazena oziroma reaktorja v katerem se izvedejo vse faze.

Za sisteme z razpršeno biomaso je zelo pomembno, da se aktivno blato hitro useda. To dosežemo pri optimalnih razmerah delovanja, kjer se mikroorganizmi med seboj združijo v večje kosme in se hitreje usedajo. S tem preprečimo, da bi blato izhajalo iz reaktorja. Za doseganje boljše kakovosti čiščene vode lahko sledi, za biološkim čiščenjem, še obdelava odpadne vode z membransko tehnologijo, s pomočjo katere odstranimo iz odpadne vode še preostali del suspendiranih snovi, ki so izšle iz reaktorja. Membranska tehnologija temelji na filtraciji, med katere prištevamo mikrofiltracijo, ultrafiltracijo ali reverzno osmozo (Kurbus, 2008).

3. MATERIALI, METODE IN NAPRAVE

3.1 Centralna čistilna naprava Slovenj Gradec

Čistilna naprava Slovenj Gradec je bila zgrajena l. 2005 in je locirana na skrajnem severu Mestne občine Slovenj Gradec, tako da lahko zbere večino odpadka iz poseljenega dela. Nahaja se na desnem bregu Mislinje, cca. 3 km dolvodno od mesta Slovenj Gradec, kjer je locirana tudi poslovno industrijska cona Pameče. Umeščena je na dokaj ozko zemljišče med regionalno cesto Slovenj Gradec in reko Mislinjo. Mestna občina Slovenj Gradec je upravljanje naprave zaupala Javnemu podjetju Komunala Slovenj Gradec

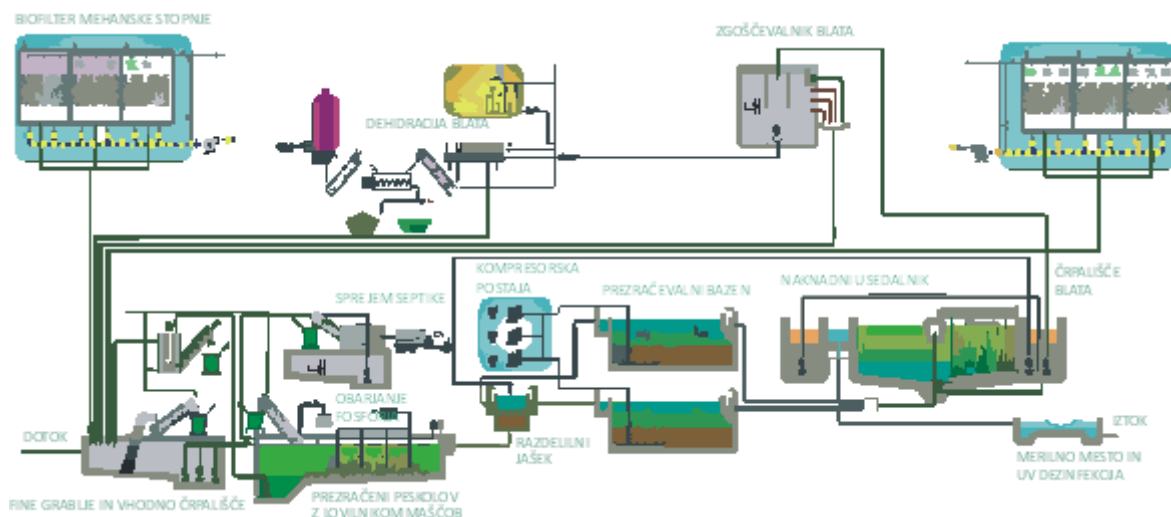
Je konvencionalna biološka čistilna naprava z razpršeno biomaso, kapacitete 20.300 PE in povprečno hidravlično obremenitvijo 4466 m³/d.

Sprejemnik prečiščenih odpadnih vod iz CČN je reka Mislinja.

3.1.1 Tehnologija čiščenja

Na centralni čistilni napravi Slovenj Gradec potekata mehanska in biološka obdelava komunalnih odpadnih vod s ciljem čiščenja in odstranjevanja nečistoč, organskih snovi, dušikovih in fosforjevih spojin ter dehidracija blata. Glede na rezultate analiz, izvedenih v okviru obratovalnega monitoringa, je na čistilni napravi možno tudi obarjanje fosforja. Čiščenje odpadnih vod na centralni čistilni napravi lahko razdelimo na dva ločena procesa:

- ✓ linija vode,
- ✓ linija blata.

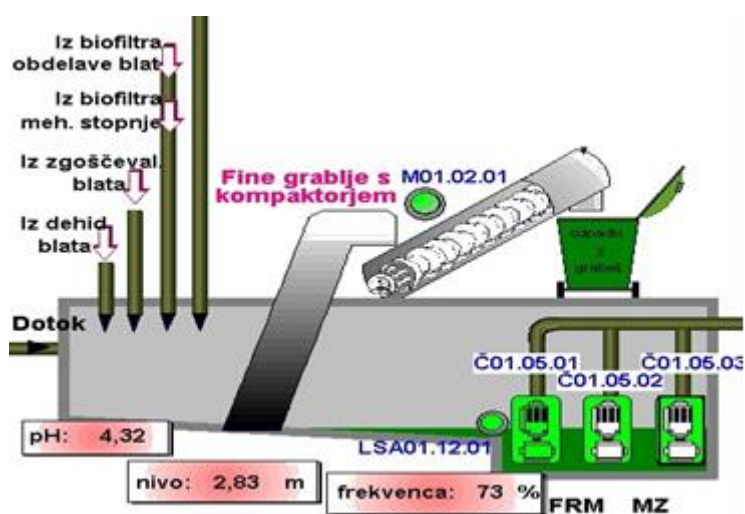


Slika 2: Shematski prikaz delovanja CČN
(Vir: Nadzorni sistem SCADA, CČN Slovenj Gradec)

3.1.2 Linija vode

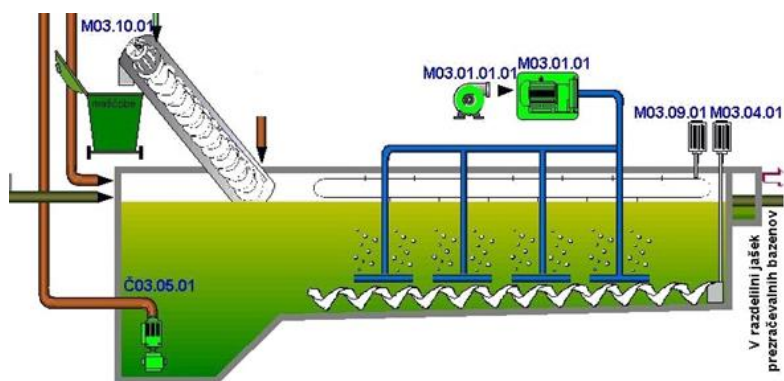
Na čistilno napravo dotekajo vode po kanalizacijskem sistemu, najprej na obstoječe fine grablje, katerih namen je odstranjevanje večjih mehanskih nečistoč, ki so prisotne v odpadni vodi. Mehanske nečistoče se zadržijo na rešetkah, ki imajo razmik 6 mm. Iz rešetke se mehanski delci avtomatično čistijo in izločeni se transportirajo v kompaktor. Tam se izločene snovi stisnejo, da vsebujejo čim manj vode, in se odlaga v kontejner. Grablje so v zaprtem in pokritem prostoru.

Odpadna voda se nato, iz finih grabelj, preliva v vhodno črpališče odpadnih vod. Tam so tri potopne črpalke. Po tlačnem cevovodu se odpadna voda črpa iz črpališča v prezračeni peskolov z maščobnikom. Namen črpališča je dvigniti odpadno vodo na najvišji nivo ČN, tako da lahko nemoteno odteka na naslednje tehnološke postopke (Hidroinženiring 2003).



Slika 3: Shema finih grabelj z vhodnim črpališčem
(VIR: Nadzorni sistem CČN Slovenj Gradec)

Odpadna voda iz črpališča po tlačnem cevovodu doteka v peskolov. Tam se drobni mehanski delci usedejo na dno, medtem ko se plavajoče maščobe izločajo na površini v posebnem kanalu. Maščobe se s pomočjo površinskega tračnega strgala in polžnega transporterja odstranjujejo s površine in se odlagajo v kontejner. Izločeni pesek se z dna peskolova s pomočjo črpalke prečrpava v pralnik peska. Oprani pesek se iz pralnika peska odlaga v kontejner.



Slika 4: Shema prezračenega peskolova z maščobnikom
(VIR: Nadzorni sistem CČN Slovenj Gradec)

Na iztok iz peskolova je, nameščeno tudi doziranje obarjalnega sredstva FeCl_3 , ki je namenjeno obarjanju fosforja.

Obarjalno sredstvo je shranjeno v 1000 l zabojnikih, iz katerih s pomočjo membranske črpalke le to prečrpava kot dodatek odpadni vodi na iztoku iz peskolova. Doziranje je odvisno od količine dotoka odpadne vode in koncentracije fosforja ter se giblje med 2,2 in 2,8 l/dan.

Odpadna voda iz peskolova doteka v razdelilni jašek. Tam se tok odpadne vode razdeli na dva tokova. Vsak tok nato teče v svoj prezračevalni bazen. Hkrati se v razdelilni jašek dovaja tudi recikel aktivnega blata, kjer se pomeša z odpadno vodo.

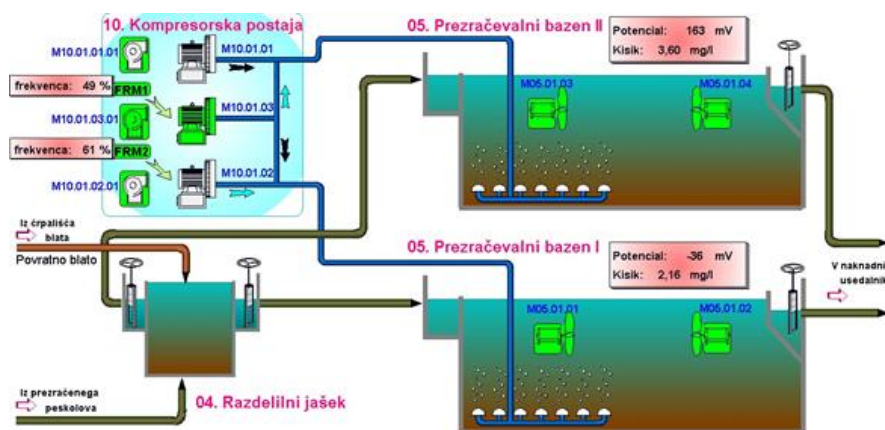
V prezračevalnih bazenih, ki sta krožne oblike, poteka biološko čiščenje v odpadni vodi raztopljenih organskih snovi, ki se odraža kot zmanjšanje koncentracij parametrov KPK in BPK_5 .

Biološko čiščenje odpadne vode poteka z delovanjem mešane kulture mikroorganizmov (aktivno blato, biomasa), ki za svoj metabolizem porabljajo raztopljene organske snovi. Pri tem mikroorganizmi rastejo in se razmnožujejo tako, da nastaja nova biomasa. Ti procesi se lahko odvijajo pri aerobnih (primer obravnavane ČN) in anaerobnih pogojih. Za zagotavljanje aerobnih pogojev se v bazene (reaktorje) umetno dovaja zrak (kisik).

V prezračevalnem bazenu izmenično potekata procesa prezračevanja (zmanjšanje koncentracije ogljikovih spojin v odpadni vodi in nitrifikacija) ter proces denitrifikacije.

Odpadna voda v prezračevalnem bazenu kroži tako, da je popolnoma premešana. Za potrebe prezračevanja so na dnu bazenov nameščena membranska prezračevala, ki uvajajo v odpadno vodo zrak in s tem kisik. V kompresorski postaji so nameščena tri puhala (dve delovni, eno rezervno) za dovajanje zraka. Kompresorska postaja je zvočno izolirana in zrak teče skozi dušilce zvoka. Odpadna toplota kompresorjev se odvaja z zračnima ventilatorjema skozi dušilce zvoka in se koristno uporabi v zimskem času.

Dovajanje zraka v prezračevalne bazene reguliramo na podlagi meritev raztopljenega kisika, ki upravljajo avtomatsko odpiranje zračnih ventilov (Hidroinženiring 2003).

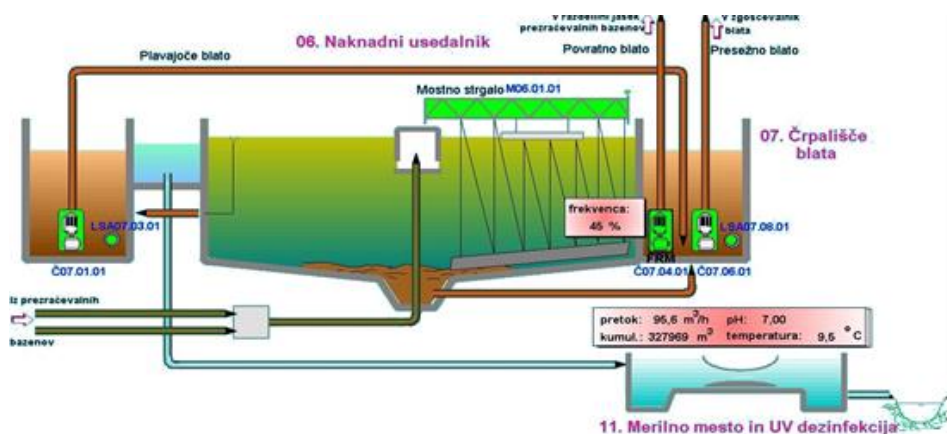


Slika 5: Shema razdelilnega jaška, prezračevalnih bazenov in kompresorske postaje (VIR: Nadzorni sistem CČN Slovenj Gradec)

Delno očiščena odpadna voda, skupaj z aktivnim blatom, odteka iz prezračevalnih bazenov preko preliva v naknadni usedalnik. V naknadnem usedalniku se aktivno blato posede, čiščena voda pa, preko prelivnega roba, odteka v merilno mesto. Merilno mesto omogoča merjenje količin odpadne vode in vzorčenje odpadne vode za potrebe spremljanja delovanja čistilne naprave in izvajanje obratovalnega monitoringa odpadnih vod. Opremljeno je z merilcem pretoka, temperature, s pH sondo in z avtomatskim vzorčevalnikom (Hidroinženiring 2003).

3.1.3 Linija blata

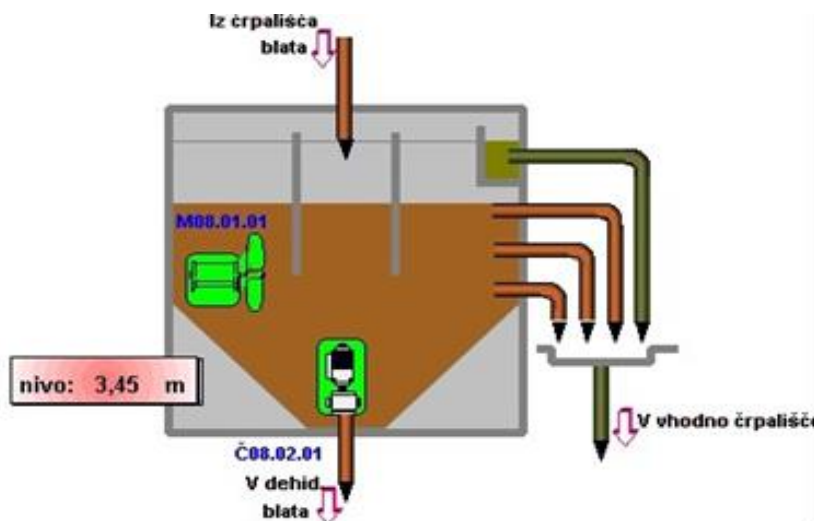
V naknadnem usedalniku se usedlo aktivno blato loči od očiščene odpadne vode. Le to se zbira v črpališču presežnega in povratnega blata. Plavajoče blato s površine usedalnika se s pomočjo krožnega mostnega strgala posnema ter zbira v črpališču plavajočega blata. Povratno blato se kot recikel črpa s črpalko za povratno blato nazaj v razdelilni jašek, kjer se pomeša z odpadno vodo.



Slika 6: Shema nakladnega usedalnika s črpališčem blata (VIR: Nadzorni sistem CČN Slovenj Gradec)

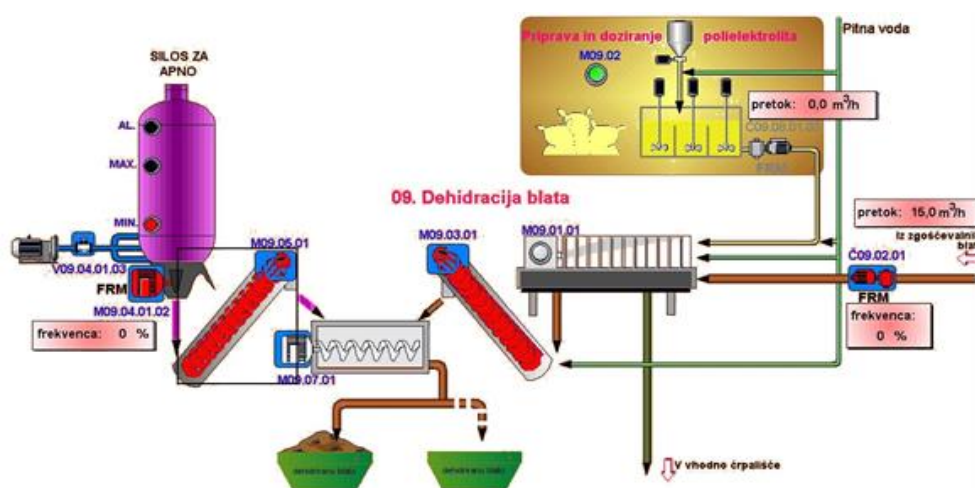
Presežno blato se, s črpalko presežnega blata, prečrpa v zgoščevalnik blata, kjer se ob anaerobnih pogojih zgošča nekaj dni. Pretoke povratnega in presežnega blata reguliramo tako, da se doseže ustrezna koncentracija blata v prezračevalnih bazenih (Hidroinženiring 2003).

Blato se v zgoščevalniku useda, izločena blatenica pa preko odcejalnika odteka nazaj v naknadni usedalnik. Pred črpanjem blata na centrifugo je treba iz zgoščevalca preko ventilov na različnih nivojih izpustiti vodo nazaj na dotok ČN, preostanek vode ter posedlo blato pa dobro premešati.



Slika 7: Shema zgoščevalnika blata
(VIR: Nadzorni sistem CČN Slovenj Gradec)

Blato iz dna zgoščevalnika se prečrpava na napravo za dehidracijo blata, kjer poteka dehidracija blata s centrifugo. Zgoščeno blato se iz zgoščevalnika črpa na centrifugo. Blatu se pred dotokom dodaja raztopina flokulanta proizvajalca Donau Chemie (Donau Multifloc 3067). Iz praškastega flokulanta se z raztapljanjem v vodi pripravlja ca. 0,1 %-na raztopina flokulanta, ki se dozira z vijačno monočrpalko. Dehidrirano blato, ki vsebuje med 15 in 17 % suhe snovi, se iz centrifuge s pomočjo spiralnega transporterja odlagajo v 7m³ kontejnerje, ki se jih odvažajo na ČN Šaleške doline, kjer ga uporabijo za pridobivanje bioplina.



Slika 8: Shema dehidracije blata
(VIR: Nadzorni sistem CČN Slovenj Gradec)

3.2 Analizne metode za vrednotenje delovanja ČN

Pri analiznih metodah, ki smo jih uporabljali, smo natančno upoštevali navodila proizvajalcev merilne opreme pri ostalih metodah pa smo se ravnali po publikaciji avtorja prof. dr. Milenka Roša z naslovom Biološko čiščenje odpadne vode izdane leta 2001.

3.2.1 Vzorčenje

Natočno odpadno vodo smo vzorčili s pomočjo avtomatskega vzorčevalnika proizvajalca WTW. Odjemno mesto za dotok smo locirali za finimi grabljami ter pred vtokom v prezračeni peskolov.

Odjemno mesto za očiščeno odpadno vodo je bilo v odprti kineti tik pred iztokom v reko Mislinjo.

Avtomatski vzorčevalnik smo nastavili, da črpa odpadno vodo 24 ur v 15 minutnih intervalih, ne glede na pretok vode. Količina črpanja je 0,25 L na interval.

Po pretečenih 24 urah smo odpadno vodo iz vzorčevalnika dobro premešali in si pripravili manjše vzorce za nadaljnje delo.

3.2.2 Pretok

Z merjenjem pretoka določimo količino natočne odpadne vode v enoti časa. Podatke potrebujemo za izračunavanje bremena onesnaženja, ki ga povzročajo onesnaževalci (Roš in Zupančič 2010).

Na čistilni napravi Slovenj Gradec se pretok meri v odprtem kanalu, s pomočjo Venturijevega jezua ter UZ merilnika nivoja vode, podatke pa smo odčitavali na nadzornem sistemu SCADA.

3.2.3 Usedljivost blata (VU)

Usedljivost aktivnega blata je parameter, uporaben za rutinsko kontrolo delovanja biološke čistilne naprave. Suspenzijo aktivnega blata (npr. odpadno vodo iz prezračevalnika) smo prenesli v 1000 mL valj ali Imhoffov stožec. Po 30 minutah stanja smo odčitali prostornino posedenega blata. Rezultat smo podali v mL/L.

Iz rezultata lahko določimo pretok povratnega blata iz usedalnika v prezračevalnik. Prav tako ugotovimo, kdaj je treba zavreči prebitek blata.

3.2.4 Koncentracija aktivnega blata (x)

Vzorec odpadne vode iz prezračevalnika, ki smo jo predhodno uporabili za ugotavljanje usedljivosti blata, smo filtrirali skozi filtrirni papir, ki smo ga predhodno sušili pri 105 °C in stehali. Nato smo blato na filtrnem papirju sušili 3 ure (do konstantne mase) na temperaturi 105 °C. Rezultat smo podali v g/L.

3.2.5 Volumski indeks blata (VIB)

Volumski indeks blata je razmerje med prostornino v 30 minutah usedenega blata in maso suhe snovi v blatu. Uporabna je za spremljanje karakteristik usedanja aktivnega blata.

Za optimalno delovanje ČN, naj bi se VIB gibal med 50 in 150.

$$VIB = \frac{VU}{X}$$

VIB = volumski indeks blata [mL/g]

VU = usedljivost blata [mL/L]

X = koncentracija aktivnega blata [g/L]

3.2.6 KPK (kemijska potreba po kisiku)

Kemijska potreba po kisiku je parameter, ki pove količino kisika, potrebno za popolno kemijsko oksidacijo organskega onesnaženja v odpadni vodi.

Za merjenje KPK smo uporabljali kivetne teste proizvajalca Nanocolor, ki omogočajo takojšnje merjenje brez posebne priprave, saj je reakcijska mešanica je že pripravljena v epruveh.

Vzorec odpadne vode smo najprej dobro premešali ter takoj s pipeto odvzeli 2 mL vzorca, ki smo ga počasi dodajali v epruveto z reakcijsko mešanico, jo dobro zaprli ter epruveto dobro pretresli. Vstavili smo jo v grelni blok, ki smo ga predhodno ogreli na 148 °C ter jo tam pustili 2h, da so potekle vse reakcije. Ko smo epruveto vzeli iz grelnega bloka, smo počakali, da se malo ohladi, jo ponovno dobro premešali ter počakali, da se ohladi na sobno temperaturo. Epruveto smo nato, z zunanje strani, dobro obrisali s suho krpo in jo šele nato vstavili v spektrofotometer. Na spektrofotometru smo nastavili metodo, ki nam jo narekuje proizvajalec hitrega testa, opravljeno meritev smo odčitali iz zaslona spektrofotometra. Rezultat smo podali v mgO₂/L.

3.2.7 BPK₅ (biološka potreba po kisiku)

BPK₅ je merilo za količino kisika, ki ga potrebujejo aerobni mikroorganizmi za razkranje organske snovi v vzorcu vode v petih dnevih v temi pri temperaturi 20 °C.

BPK₅ smo merili s pomočjo merilnega sistema OXITOP IS 6 podjetja WTW.

Volumen vzorca odpadne vode smo določili iz tabele proizvajalca glede na vrednost predhodno izmerjene vrednosti KPK. Potreben volumen homogenega vzorca smo prelili v steklenico, v katero smo vstavili magnetno mešalo. V vrat steklenice smo vstavili gumast nastavek, v katerega smo dali 2 granuli NaOH in pri tem pazili, da ne pride v stik z odpadno vodo. Steklenico smo zaprli s posebnim elektronskim pokrovom – merilno napravo. Steklenice smo nato postavili na poseben podstavek, ki omogoča, da se magnetna mešala vrtijo. Po petih dneh smo odčitali vrednost in jo pomnožili s faktorjem, ki smo ga razbrali iz tabele proizvajalca. Vrednosti smo podali v mgO₂/L.

Tabela 2: Določitev volumna vzorca za analizo BPK₅

Volumen vzorca (ml)	Vrednost BPK (mg/L)	Vrednost KPK (mg/L)	Faktor
432	0 - 40	0 - 80	1
365	0 - 80	0 - 160	2
250	0 - 200	0 - 400	5
164	0 - 400	0 - 800	10
97	0 - 800	0 - 1600	20
43,5	0 - 2000	0 - 4000	50
22,7	0 - 4000	0 - 8000	100

3.2.8 Amonijev dušik (NH₄-N)

Predstavlja masno koncentracijo dušika v obliki amonijevega iona, raztopljenega v odpadni vodi.

Analizo vrednosti amonijevega dušika smo opravili s pomočjo kivetnih testov AMMONIUM 50, proizvajalca NANOCOLOR, ki so v merilnem območju 1 – 40 mg/L NH₄-N.

Pred analizo smo vzorec odpadne vode filtrirali skozi filtrirni papir. V testno kiveto smo dodali 0,2 mL vzorca prefiltrirane odpadne vode in eno kapsulo reagenta NANOFIX Ammonium 50 R2. Kiveto smo dobro zaprli in pretresli ter s suho krpo očistili zunanjo stran kivete. Po petnajstih minutah, ko je bila barva raztopine v kiveti dobro razvita, smo kiveto vstavili v spektrofotometer ter odčitali rezultat, ki smo ga podali v mg/L.

3.2.9 Nitratni dušik (NO₃-N)

Nitratni dušik je pokazatelj zmerno starega onesnaženja in redko prekorači mejo 1 mg/L v odpadni vodi in 0,1 mg/L v površinskih vodah ali podtalnici. Je izjemno pomemben parameter za proučevanje obremenitve voda, saj je zelo toksičen za večino vrst rib in drugih vodnih organizmov.

Analize vrednosti nitratnega dušika smo preskusili izvesti s kivetnimi testi NITRAT 50 Test 0 – 64, proizvajalca NANOCOLOR v merilnem območju 0,3 – 22 mg/L NO₃-N, vendar do rezultatov nismo prišli. Po večkratnem poizkusu smo prišli do ugotovitve, da imajo reagenti za hitre teste pretečen rok uporabe.

3.2.10 Celotni dušik (TN)

Predstavlja masno koncentracijo dušika, prisotnega v organskih in anorganskih oblikah. Organski in anorganski dušik se pri tej metodi ob prisotnosti katalizatorja (peroksi sulfata) oksidirata do nitrata pri razklopu.

Analizo vsebnosti celotnega dušika smo opravili s pomočjo kivetnih testov TOTAL NITROGEN TN_b22 (220), proizvajalca NANOCOLOR, v merilnem območju od 0,5 do 16 mg/L N.

Vzorec prefiltrirane odpadne vode smo, s pomočjo homogenizatorja, dobro premešali. V prazno kiveto smo dodali 5 ml vzorca, ki smo mu dodali eno žličko NanOx N razgrajevalnega reagenta proizvajalca NANOCOLOR. Dobro zaprto kiveto smo pretresli in vstavili v grelni blok,

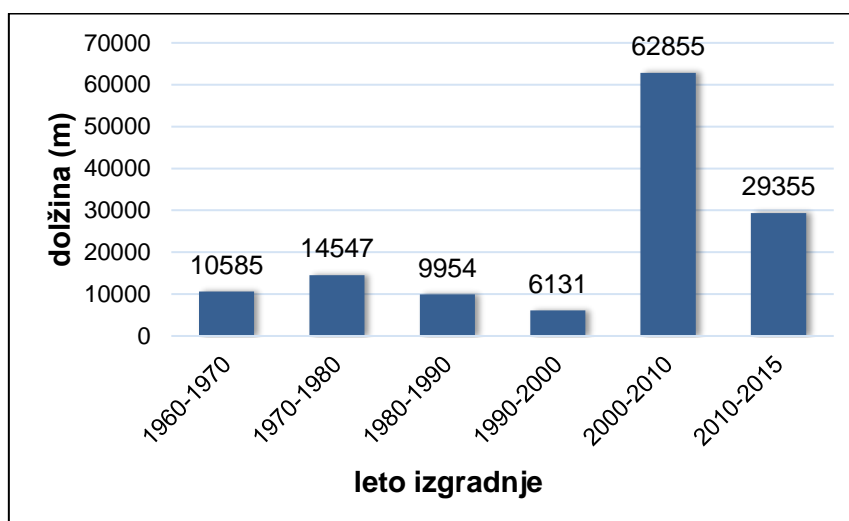
ki smo ga prej ogreli na 120 °C. Po pretečenih 30 minutah smo kiveto odstranili in pustili, da se ohladi na sobno temperaturo. Ponovno smo dodali žličko NanOx N razgrajevalnega reagenta, kiveto zaprli in pretresli. Tako smo si pripravili razgradno raztopino, kateri smo 0,5 mL dodali v kiveto s predpripravljenim reagentom za določitev nitrata (NO_3). Dodali smo še 0,5 mL raztopine R2, kiveto zaprli, jo rahlo pretresli ter počakali 10 minut, da je reakcija potekla. Kiveto smo očistili s suho krpo, jo vstavili v spektrofotometer ter odčitali vrednosti v mg/L.

4. REZULTATI IN DISKUSIJA

Prikazali in prediskutirali bomo rezultate, ki se nanašajo na manjše število lastnih vzorčenj in meritev kot tudi rezultate monitoringa odpadne vode za obdobje zadnjih dvanajst let.

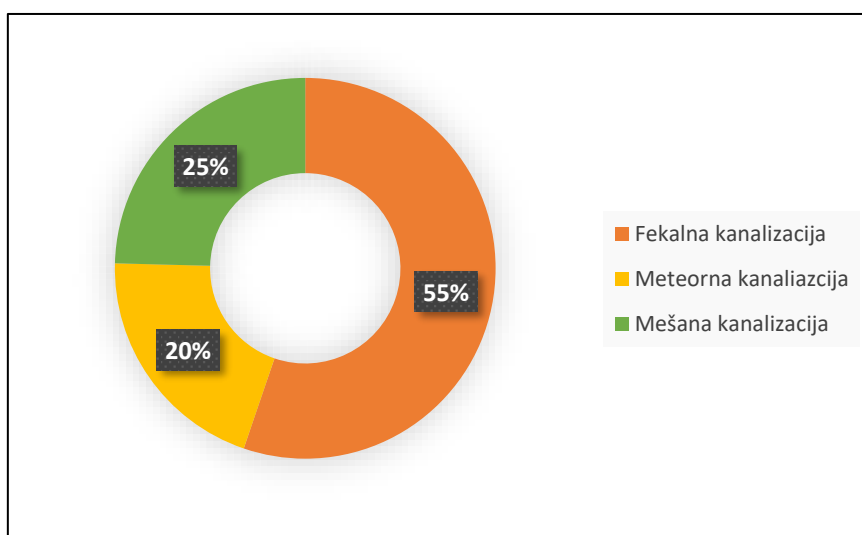
Trendna (pikčasta) črta predstavlja linearno povezavo med vsemi izmerjenimi podatki v grafu. Izračunana je z Excelom.

4.1 Analiza kanalizacijskega sistema



Grafikon 1: stanje kanalizacijskega omrežja po letu izgradnje in dolžine izgradnje

(Vir: strokovno tehnične službe Komunale Slovenj Gradec)

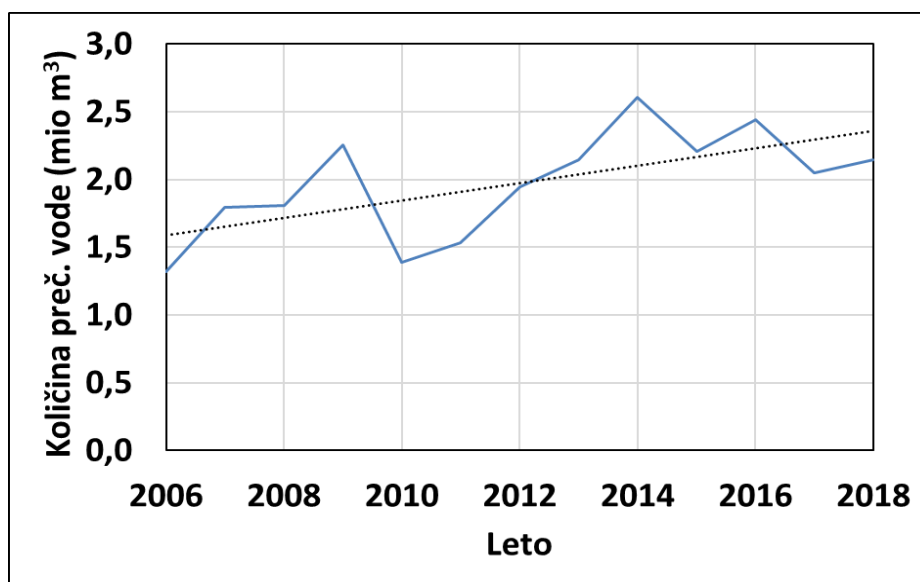


Grafikon 2: stanje kanalizacijskega sistema glede na tip kanalizacijskih vodov

(Vir: strokovno tehnične službe Komunale Slovenj Gradec)

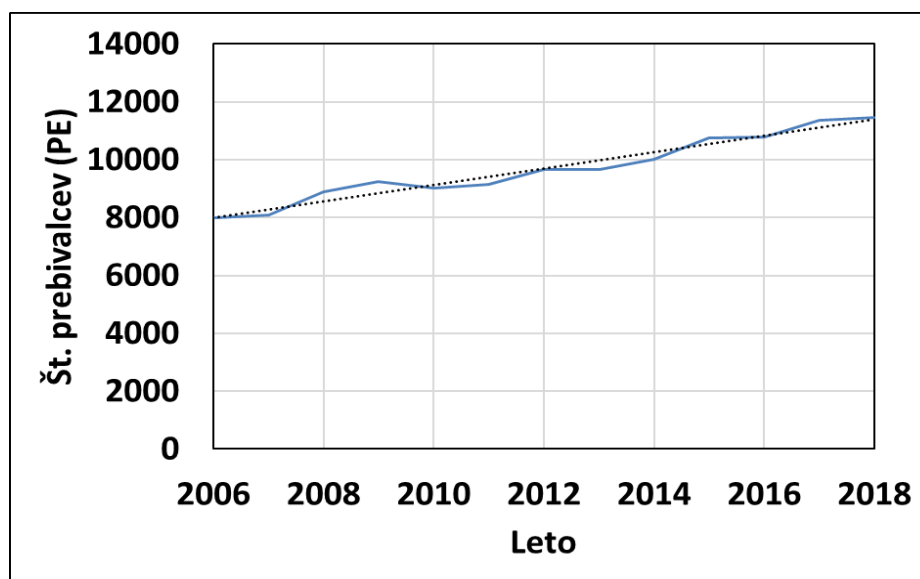
Starejše kanalizacijsko omrežje je večinoma mešanega tipa, vsa ostala kanalizacija, katera se je gradila vzporedno z izgradnjo centralne čistilne naprave pa se je gradila kot ločen sistem. Mešan sistem je večinoma v samem mestu Slovenj Gradec, vsa ostala naselja in vaški zaselki pa so bili zgrajeni samo za odvajanje fekalnih odpadkov ter ločeno za odvajanje padavinskih vod.

4.2 Meritve količine odpadne vode



Grafikon 3: Količina odpadne vode na CČN Slovenj Gradec, od leta 2006 do 2018

Količina odpadne vode, ki priteka na CČN, se z leti povečuje, ker število prebivalcev narašča, s tem pa se širi kanalizacijsko omrežje, ki dovaja odpadno vodo na CČN. Iz samega grafa pa so razvidna tudi velika nihanja količin, kar pa je posledica 25% mešanega sistema za odvajanje odpadnih vod in so količine odvisne tudi od vremenskih razmer.



Grafikon 4: Število priključenih enot na CČN Slovenj Gradec, od leta 2006 do 2018

Iz grafikona lahko razberemo, da se z leti število priključenih enot povečuje in lahko predvidevamo, da se bo število priključkov še povečevalo vse do leta 2023, ko bodo morale biti z javnim kanalizacijskim sistemom opremljene tudi aglomeracije velikosti do 500 PE.

4.3 Analiza priključenosti prebivalstva po naseljih

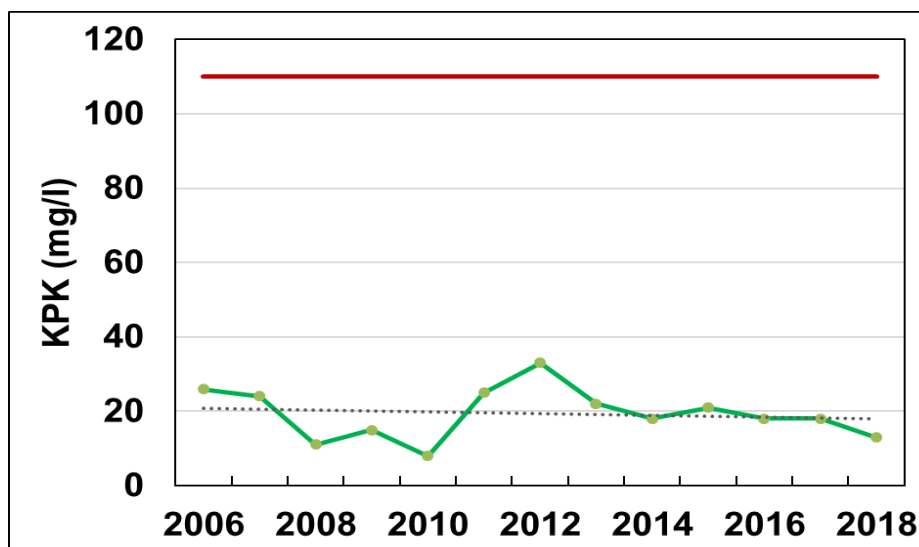
Naselje	Št. Priključenih
GMAJNA	220
GOLAVABUKA	104
GRADIŠČE	53
LEGEN	696
MISLINJSKA DOBRAVA	443
PAMEČE	1042
PODGORJE	643
SLOVENJ GRADEC	5174
STARI TRG	19
ŠMARTNO PRI SLOVENJ GRADCU	1269
TOMAŠKA VAS	111
TROBLJE	464
TURIŠKA VAS	105
Σ	10123

Tabela 3: število priključenih prebivalcev po naseljih konec leta 2018

(Vir: strokovno tehnične službe Komunale Slovenj Gradec)

Kot je razvidno iz tabele priključenosti prebivalcev, je bilo do konca leta 2018 priključenih 10.123 prebivalcev. Projekcija števila priključenih prebivalcev do leta 2023, ki so jo izdelale Strokovno tehnične službe Komunale Slovenj Gradec pa kažejo, da naj bi bilo do konca leta 2023 priključenih 13.030 uporabnikov.

4.4 Meritve vrednosti KPK

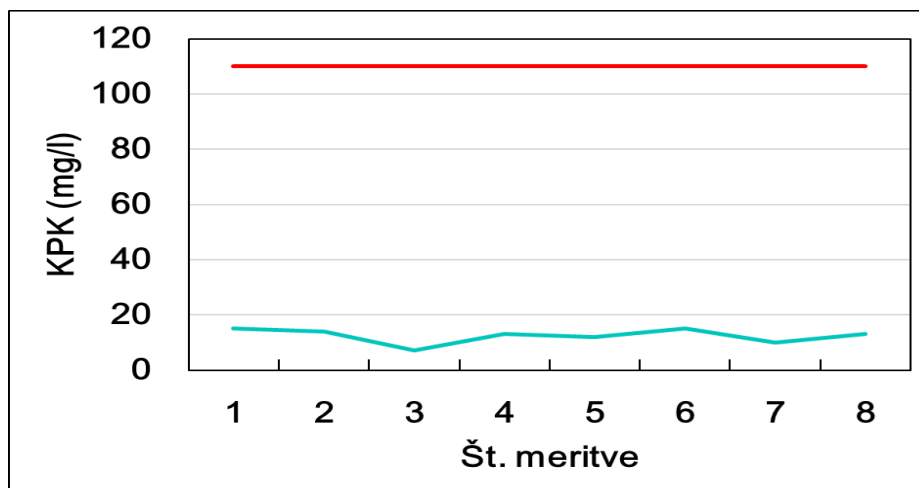


Grafikon 5: Povprečne letne vrednosti KPK v iztoku, od leta 2006 do 2018 (rdeča črta pomeni mejno vrednost)

Ugotavljamo, da je v vseh letih delovanja čistilne naprave, rahel upad koncentracije KPK v iztoku, vendar to ni bistveno vplivalo na delovanje čistilne naprave. Koncentracije KPK so bile močno pod mejno vrednostjo, ki jo predpisuje naša zakonodaja.

Srednja vrednost KPK iztočne vode v vseh letih je bila 19 mg/L, s standardno deviacijo 7 mg/L. Ne glede na nihanja (standardna deviacija) so rezultati zelo ugodni, saj so vsi močno pod mejno vrednostjo.

Pikčasta (trendna) črta prikazuje linearno povezavo med srednjimi letnimi vrednostmi.



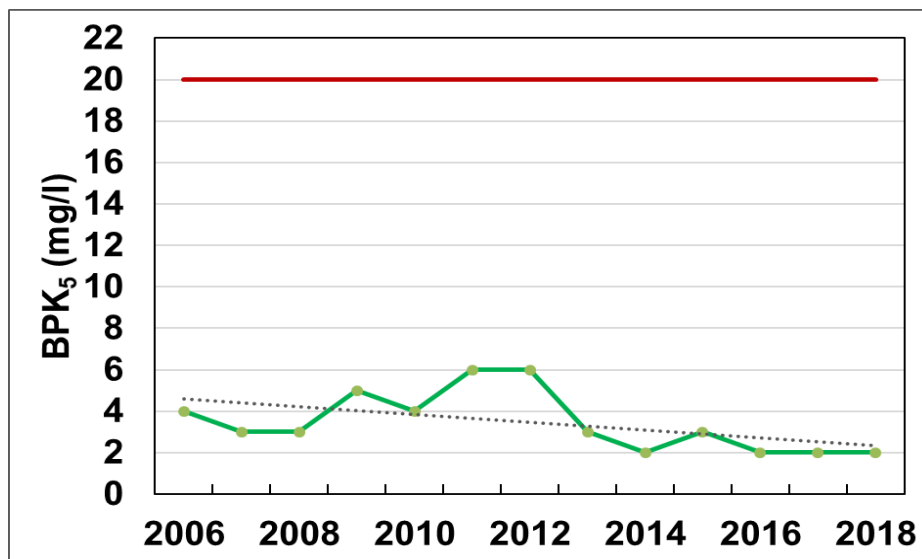
Grafikon 6: Vrednosti KPK v iztoku v obdobju med 9. 1. 2019 do 27. 2. 2019 (rdeča črta pomeni mejno vrednost)

Tudi zadnje meritve kažejo, da je delovanje čistilne naprave glede na KPK izredno dobro, saj so bile vse vrednosti močno pod mejno vrednostjo.

Poleg iztoka iz čistilne naprave smo spremljali tudi vrednosti KPK za odpadno vodo, ki doteka na čistilno napravo.

Tako je bila srednja vrednost KPK vtoka (200 ± 82) mg/L, iztoka pa (12 ± 3) mg/L. Učinek čiščenja na KPK je bil 88,5 %.

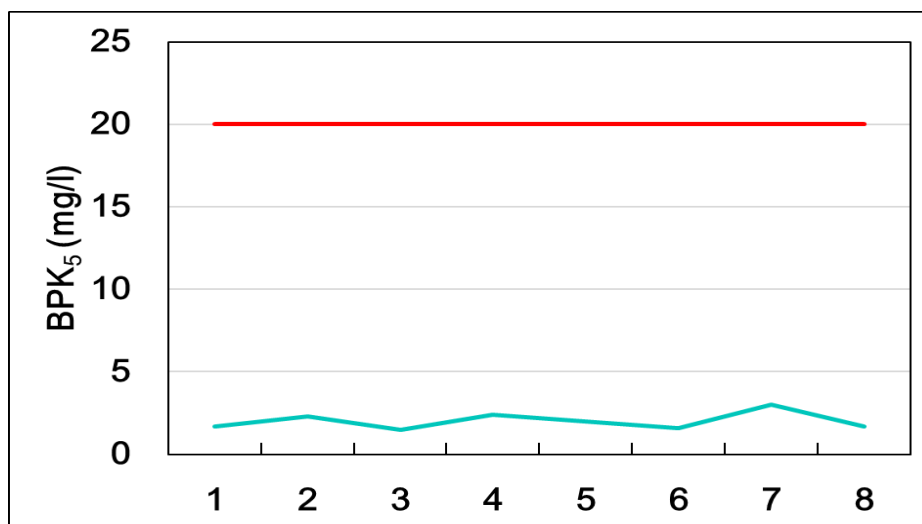
4.5 Meritve BPK₅



Grafikon 7: Povprečne letne vrednosti BPK₅ v iztoku, od leta, od leta 2006 do 2018 (rdeča črta pomeni mejno vrednost)

Vrednosti BPK₅ za iztok kažejo z leti trend zmanjševanja, vzrok temu pa je izredno dobro delovanje čistilne naprave.

Srednja vrednost BPK₅ je bila 4 mg/L s standardno deviacijo 2 mg/L. Ne glede na nihanja (standardna deviacija) so vse vrednosti izredno ugodne, saj so vse močno pod mejno vrednostjo.



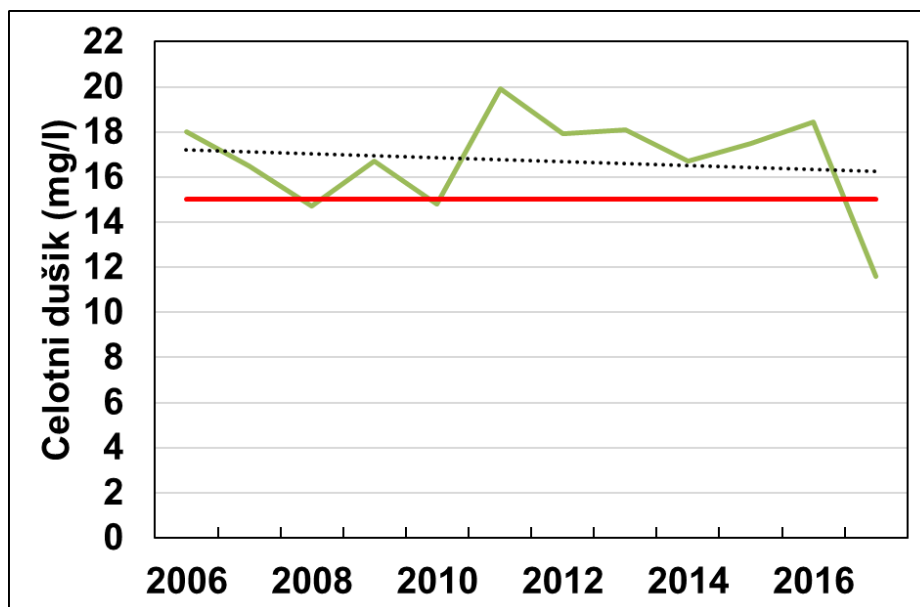
Grafikon 8: Vrednosti BPK₅ v iztoku v obdobju med 9. 1. 2019 do 27. 2. 2019 (rdeča črta pomeni mejno vrednost)

Meritve BPK₅ v obdobju med 9. 1. 2019 in 27. 2. 2019 kažejo, da so vrednosti sorazmerno konstantne in močno pod mejno vrednostjo.

Poleg iztoka iz čistilne naprave smo spremljali tudi vrednosti BPK₅ za odpadno vodo, ki doteka na čistilno napravo.

Tako je bila srednja vrednost BPK₅ vtoka (81±00) mg/L, iztoka pa (2±0,3) mg/L. Učinek čiščenja na BPK₅ pa je bil 96,7 %.

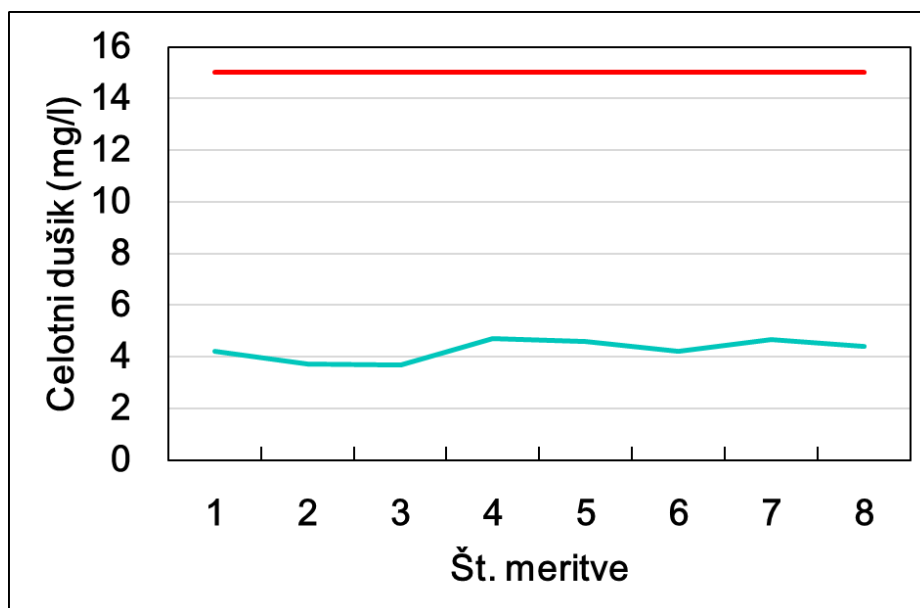
4.6 Meritve celotnega dušika



Grafikon 9: Povprečne letne vrednosti celotnega dušika v iztoku, od leta 2006 do 2018 (rdeča črta pomeni mejno vrednost)

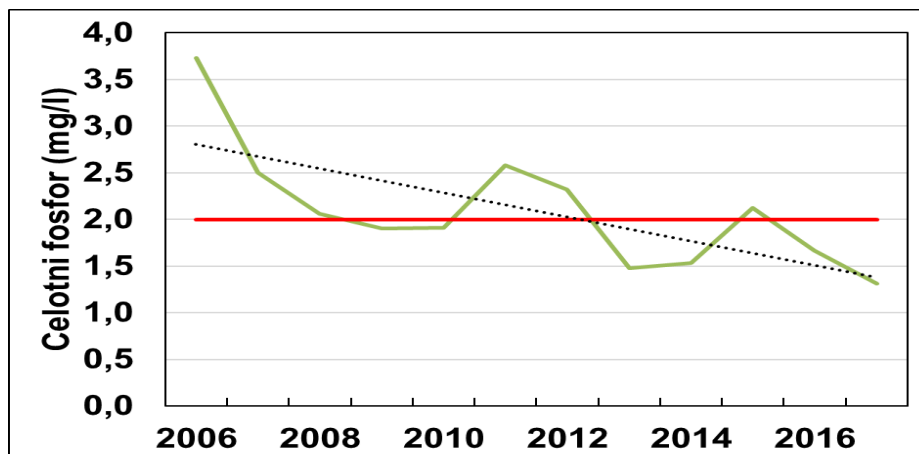
Koncentracija celotnega dušika v izpustu je bila zadnja leta nad mejno koncentracijo, drastično pa se je zmanjšala po letu 2016. Razlog za to je bil bolj načrtovano vodenje čistilne naprave tako, da so bili doseženi pogoji za dobro nitrifikacijo in simultano denitrifikacijo.

Srednja vrednost celotnega dušika je bila 15,8 mg/L, s standardno deviacijo 4,0 mg/L. Torej je bila koncentracija celotnega dušika v večini meritev nad mejno vrednostjo.



Grafikon 10 Vrednosti celotnega dušika v iztoku v obdobju med 9. 1. 2019 do 27. 2. 2019 (rdeča črta pomeni mejno vrednost)

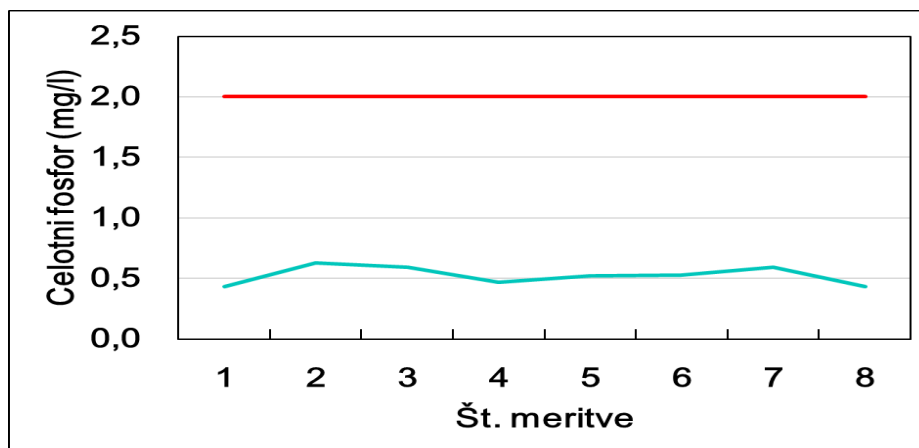
4.7 Meritve celotnega fosforja



Grafikon 11: Povprečne letne vrednosti celotnega fosforja v iztoku, od leta 2006 do 2018 (rdeča črta pomeni mejno vrednost)

V vseh letih delovanja CČN Slovenj Gradec se je koncentracija celotnega fosforja zniževala. Razlogov za to je bilo več; pri novih kanalizacijskih vodih se je gradilo ločene sisteme, predvsem pa se je od oktobra leta 2016 začelo dodajati raztopino FeCl_3 , s katero se iz prečiščene vode obarja fosforjeve spojine.

Srednja vrednost za celotni fosfor je bila 2,0 mg/L, s standardno deviacijo 0,7 mg/L. Ker se je do zadnjih mesecev leta 2016 vrednost sukala okoli mejne vrednosti (mnogokrat tudi nad njo), so uvedli dodatno čiščenje fosforjevih spojin z dodajanjem raztopine FeCl_3 , ki je močno izboljšalo odstranjevanje celotnega fosforja.



Grafikon 12: Vrednosti celotnega fosforja v iztoku v obdobju med 9. 1. 2019 do 27. 2. 2019 (rdeča črta pomeni mejno vrednost)

Zadnje meritve kažejo, da je koncentracija celotnega fosforja v iztoku sorazmerno konstantna in precej pod mejno vrednostjo. Glavni razlog je dodajanje raztopine FeCl_3 .

Poleg iztoka iz čistilne naprave smo spremljali tudi vrednosti za celotni fosfor za odpadno vodo, ki doteka na čistilno napravo.

Tako je bila srednja vrednost celotnega fosforja vtoka ($3,2 \pm 0,6$) mg/L, iztoka pa ($0,7 \pm 0,1$) mg/L. Učinek čiščenja na celotni fosfor 88,53 %.

5. ZAKLJUČKI

Pri vrednotenju delovanja centralne čistilne naprave Slovenj Gradec smo uporabili rezultate dolgoletnih stalnih spremljanj čistilne naprave (monitoring) in lastne meritve, ki smo jih primerjali med seboj. Iz rezultatov in njihovih primerjav smo ugotovili naslednje:

1. Število priključkov na čistilno napravo in s tem tudi količina odpadnih voda se je z leti povečevala in se bo ustalila predvidoma leta 2023, ko bodo z javnim kanalizacijskim sistemom opremljene tudi aglomeracije velikosti do 500 PE. Projekcije Strokovno tehničnih služb Komunale Slovenj Gradec predvidevajo, da bo do takrat priključenih 13.030 uporabnikov.
2. Čiščenje na KPK in BPK_5 je bilo ves čas meritev bistveno boljše od načrtovanega učinka. To pripisujem podobremenitvi naprave z organskimi snovmi v odpadni vodi. Centralna čistilna naprava Slovenj Gradec je projektirana za kapaciteto 20 300 PE, dnevno pa je po zadnjih meritvah na čistilno napravo priteklo okoli 5500 m³ vode. To pomeni kapaciteto 18 150 PE glede na hidravlično obremenitev za Slovenj Gradec (132 L/PE.d), oziroma okoli 9 100 PE glede na KPK (120 mg/PE.d). Čistilna naprava hidravlično še ni preobremenjena, organsko pa precej podobremenjena. Hidravlično obremenitev bo treba s časom zmanjševati z ureditvijo kanalizacijskega omrežja (odstraniti tuje vode, razbremenjevanje padavinske vode).
3. Odstranjevanje celotnega fosforja je bilo do leta 2016, ko so uvedli dodajanja raztopine $FeCl_3$, neustrezno. Po dodajanju raztopine $FeCl_3$ pa se je izboljšalo in dosega ugodnejše rezultate, kot jih predpisuje naša zakonodaja, saj so izmerjene vrednosti ($0,7 \pm 0,1$ mg/L) krepko pod mejnimi vrednostmi (2,0 mg/L).
4. Podobno je bilo s celotnim dušikom, le da je bila posledica izboljšanja optimizacija tehnologije čiščenja tako, da se dosega ugodna nitrifikacija (zadostna starost blata) in simultana denitrifikacija. Rezultati so ugodni, saj je povprečna vrednost celotnega dušika v iztoku $5,5 \pm 0,4$ mg/L, medtem ko je mejna vrednost 15 mg/L.

Glede na zgornje ugotovitve bo upravljavce čistilne naprave čakala odgovorna naloga, saj bodo morali poskrbeti, da se bo hidravlična obremenitev zmanjšala, ob istočasnem povečanju organske obremenitve zaradi večjega števila priključkov. Hidravlično obremenitev pa bodo lahko zmanjševali le tako, da bodo čim bolj zmanjšali kombinirane kanalizacijske sisteme in jih nadomestili z ločenimi (odstranjevanje meteornih vod iz kanalizacijskega sistema).

6. POVZETEK

V prvem delu diplomske naloge smo se posvetili teoretičnim izhodiščem odvajanja in čiščenja odpadnih vod. Pregledamo in predstavimo zakonodajo, ki jo je treba upoštevati v vseh segmentih dela z odpadnimi vodami. V nadaljevanju smo predstavili fizikalne in kemijske lastnosti odpadnih vod in s pomočjo literature predstavili še različne načine biološkega čiščenja. Temeljito smo predstavili tehnologijo čiščenja na CČN Slovenj Gradec ter metode s katerimi smo v drugem delu diplomske naloge lahko vrednotili delovanje čistilne naprave. V zaključku smo predstavili rezultate, pridobljene s pomočjo lastnih analiz in meritev, ki so jih na čistilni napravi Slovenj Gradec opravljali pooblaščen izvajalci monitoringa odpadnih vod.

SUMMARY

In the first part of the diploma work, we were focusing on the theoretical starting points for the discharge and treatment of wastewater. We have reviewed and introduced legislation that needs to be taken into account in all segments of wastewater treatment. Further, we presented the physical and chemical properties of wastewater, and with the help of the various literature sources, we have given different methods of biological purification. In the second part of the diploma work, we presented the treatment technology used at the Central wastewater treatment plant of Slovenj Gradec. Then we introduced the methods by which we evaluated the operation of the treatment plant. In conclusion, we presented the results, obtained with the help of our measurements and measurements carried out by authorised wastewater monitoring companies at the Slovenj Gradec treatment plant.

7. LITERATURA

- Arundel, J.: Sewage and Industrial Effluent Treatment, Blackwell Science Ltd, 2000.
- EUR – Lex, Dostop do zakonodaje Evropske unije. Medmrežje 1: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?uri=CELEX%3A32000L0060> (27.2.2019).
- EUR – Lex, Dostop do zakonodaje Evropske unije. Medmrežje 2: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:31991L0271&from=SL> (27.2.2019).
- EUR – Lex, Dostop do zakonodaje Evropske unije. Medmrežje 3: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/ALL/?uri=CELEX:31991L0676> (27.2.2019).
- EUR – Lex, Dostop do zakonodaje Evropske unije. Medmrežje 4: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?uri=LEGISSUM:l28088> (27.2.2019).
- Gray N.F.: Biology of Wastewater Treatment, 2nd Edition, Imperial College Press, 2004.
- Hidroinženiring. (2003). Načrt strojnih inštalacij in strojne opreme. Ljubljana.
- Kurbus T. (2008). Razvoj visoko učinkovitega postopka čiščenja odpadnih vod v šaržnem biološkem reaktorju. Medmrežje 5: http://www.pif.si/sites/default/files/inline-files/Doktorska_disertacija-Tanja_Kurbus_363.pdf (27.2.2019).
- McGraw, H. Wastewater Engineering; Treatment and Reuse, fourth edition. New York: Mc Graw-Hill, (2003).
- Mestna občina Slovenj Gradec. (2002). Slovenj Gradec. Delo tiskarna
- Odlok o odvajanju in čiščenju komunalnih odpadnih in padavinskih voda na območju Mestne občine Slovenj Gradec, (Ur. l. RS, št. 68/04,108/2008, 50/2014, 81/2015).
- Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode, novelacija za obdobje od leta 2005 do leta 2017), Sklep Vlade RS, št. 35401-2/2010/3 z dne 11. 11. 2010 in Sklep Vlade RS, št. 35401-2/2010/8 z dne 14. 7. 2011.
- Poročilo o obratovalnem monitoringu za komunalno čistilno napravo Slovenj Gradec za leto 2006, Zavod za zdravstveno varstvo Maribor, Inštitut za varstvo okolja, (2007).
- Poročilo o obratovalnem monitoringu za komunalno čistilno napravo Slovenj Gradec za leto 2007, Zavod za zdravstveno varstvo Maribor, Inštitut za varstvo okolja, (2008).
- Poročilo o obratovalnem monitoringu za komunalno čistilno napravo Slovenj Gradec za leto 2008, Zavod za zdravstveno varstvo Maribor, Inštitut za varstvo okolja, (2009).
- Poročilo o obratovalnem monitoringu za komunalno čistilno napravo Slovenj Gradec za leto 2009, Zavod za zdravstveno varstvo Maribor, Inštitut za varstvo okolja, (2010).
- Poročilo o obratovalnem monitoringu za komunalno čistilno napravo Slovenj Gradec za leto 2010, Zavod za zdravstveno varstvo Maribor, Inštitut za varstvo okolja, (2011).
- Poročilo o obratovalnem monitoringu za komunalno čistilno napravo Slovenj Gradec za leto 2011, Erico Velenje (2012).
- Poročilo o obratovalnem monitoringu za komunalno čistilno napravo Slovenj Gradec za leto 2012, Erico Velenje (2013).
- Poročilo o obratovalnem monitoringu za komunalno čistilno napravo Slovenj Gradec za leto 2013, Regionalni tehnološki center Zasavje d.o.o.(2014).
- Poročilo o obratovalnem monitoringu za komunalno čistilno napravo Slovenj Gradec za leto 2014, Regionalni tehnološki center Zasavje d.o.o.(2015).
- Poročilo o obratovalnem monitoringu za komunalno čistilno napravo Slovenj Gradec za leto 2015, Regionalni tehnološki center Zasavje d.o.o.(2016).
- Poročilo o obratovalnem monitoringu za komunalno čistilno napravo Slovenj Gradec za leto 2016, Regionalni tehnološki center Zasavje d.o.o.(2017).

- Poročilo o obratovalnem monitoringu za komunalno čistilno napravo Slovenj Gradec za leto 2017, Regionalni tehnološki center Zasavje d.o.o.(2018).
- Poročilo o obratovalnem monitoringu za komunalno čistilno napravo Slovenj Gradec za leto 2018, Regionalni tehnološki center Zasavje d.o.o.(2019).
- Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda ter o pogojih za njegovo izvajanje, ((Uradni list RS, št. 94/14 in 98/15)).
- Roš, M. (2001). Biološko čiščenje odpadne vode. Ljubljana, GV založba.
- Roš, M., Simonič M., Šoštar-Turk S. (2005). Priprava in čiščenje vod. Maribor. Fakulteta za strojništvo.
- Roš, M., Zupančič, G.D., (2010). Čiščenje odpadnih voda. Velenje. Visoka šola za varstvo okolja.
- Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo, (Uradni list RS, št. 64/12, 64/14 in 98/15).
- Uredba o merilih za določanje razvitosti infrastrukture in obremenjenosti okolja zaradi ugotavljanja deleža plačila občini za koncesijo na naravni dobrini, (Uradni list RS, št. 74/04).
- Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi odvajanja odpadnih voda, (Uradni list RS, št. 80/12 in 98/15).
- Uredba o vodovarstvenem območju za vodna telesa vodonosnikov na območju Slovenj Gradca, (Uradni list RS, št. 56/15 in 21/18).
- Uredba o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu, (Uradni list RS, št. 62/08).
- Zakon o varstvu okolja (ZVO-1), (Uradni list RS, št. 39/06 – uradno prečiščeno besedilo, 49/06 – ZMetD, 66/06 – odl. US, 33/07 – ZPNačrt, 57/08 – ZFO-1A, 70/08, 108/09, 108/09 – ZPNačrt-A, 48/12, 57/12, 92/13, 56/15, 102/15, 30/16, 61/17 – GZ, 21/18 – ZNOrg in 84/18 – ZIURKOE).
- Zakon o vodah (ZV-1), (Uradni list RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdri-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14 in 56/15).
- Zakon o gospodarskih javnih službah (ZGJS), (Uradni list RS, št. 32/93, 30/98 – ZZLPPO, 127/06 – ZJZP, 38/10 – ZUKN in 57/11 – ORZGJS40).
- Zakon o prostorskem načrtovanju (ZPN), (Uradni list RS, št. 33/07, 70/08 – ZVO-1B, 108/09, 80/10 – ZUPUDPP, 43/11 – ZKZ-C, 57/12, 57/12 – ZUPUDPP-A, 109/12, 76/14 – odl. US, 14/15 – ZUUJFO in 61/17 – ZUreP-2).