

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**ANALIZA OBREMENJENOSTI MEŠANE KOMUNALNE
ODPADNE VODE IZ KANALIZACIJSKEGA SISTEMA
VELENJE-ŠOŠTANJ**

DAVID AČMAN

VELENJE, 2014

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**ANALIZA OBREMENJENOSTI MEŠANE KOMUNALNE
ODPADNE VODE IZ KANALIZACIJSKEGA SISTEMA
VELENJE-ŠOŠTANJ**

DAVID ACMAN

Varstvo okolja in ekotehnologija

Mentor: red. prof. dr. Milenko Roš

Somentorica: Nataša Uranjek Ževart, univ. dipl. inž. kem. inž.

VELENJE, 2014

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **DAVID ACMAN** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:

**»ANALIZA OBREMENJENOSTI MEŠANE KOMUNALNE ODPADNE VODE IZ
KANALIZACIJSKEGA SISTEMA VELENJE–ŠOŠTANJ«.**

Velenje, 20. 3. 2014

(podpis)

IZVLEČEK

Diplomsko delo obravnava meritve največje obremenjenosti mešane komunalne odpadne vode na kanalizacijskem sistemu Velenje–Šoštanj. Meritve so bile narejene v času močnega deževja (nalivov). Največjo obremenjenost mešane komunalne odpadne vode z onesnažili lahko pričakujemo po daljšem sušnem obdobju. Predvidevam, da bodo takrat mejne vrednosti presejali vsi parametri. Delo je sestavljeno iz teoretičnega in praktičnega dela.

Teoretični del zajema splošni opis problematike glede prelivanja komunalne odpadne vode iz kanalizacijskih sistemov (ATV-A 128, 1992). Ob prelivanju mešane komunalne odpadne vode iz razbremenilnikov prihaja posledično do prekomernega onesnaževanja edinega odvodnika (reka Paka) v dolini s tako imenovanim prvim čistilnim valom. Nato so opisani objekti na kanalizacijskem sistemu. Podrobneje sta predstavljena pojem in namen razbremenilnikov in zadrževalnih bazenov, ki bi morali biti za razbremenilniki, in sicer zaradi prvega čistilnega vala iz kanalizacijskega sistema zaradi onesnaženja odvodnika. Opisane so lastnosti komunalnih odpadnih voda in ovrednotenje le-teh na osnovi fizikalnih in kemijskih lastnosti odpadnih voda, z velikim poudarkom na samem načinu vzorčenja. Tako moramo komunalno odpadno vodo ustrezno zajeti in paziti na čas, kajti čas od odvzema vzorca komunalne odpadne vode do analize le-te mora biti čim krajši. Zato je priporočljivo, da se analiza opravi takoj po odvzemu, v skrajnem primeru najkasneje po 24 urah. Idealno bi bilo, da bi analizo izvedli na kraju samem, kar pa povečini ni izvedljivo.

V zadnjem delu so prikazane meritve na območju mešanega kanalizacijskega sistema Velenje–Šoštanj na razbremenilniku odpadnih voda Dijaški dom in predlagani ukrepi za izboljšanje delovanja kanalizacijskega sistema Velenje–Šoštanj.

Prvi čistilni val razbremenjenih odtokov je ob daljšem sušnem obdobju, spomladi in jeseni, ko koncentracije spranih onesnažil dosežejo visoke vrednosti. Ta prvi čistilni val je potrebno zadržati in ga v celoti odvesti na čistilno napravo. Zaradi tega razloga bo potrebna gradnja ustreznih zadrževalnih bazenov.

Na podlagi zbranih trenutnih vzorcev na razbremenilniku Dijaški dom smo v laboratoriju CČN Šoštanj opravili meritve osnovnih parametrov komunalne odpadne vode. Primerjali smo jih z zakonsko predpisanimi mejnimi vrednostmi za izpust v reko Pako.

Ugotovili smo, da komunalna odpadna voda na iztoku razbremenilnika Dijaški dom ne presega mejnih vrednosti za izpust v sprejemnik, vendar je kljub temu gradnja zadrževalnega bazena deževnih voda (ZBDV) neizogibna zaradi smernic EU (ATV-A 128, 1992).

Ključne besede: kanalizacijski sistem, prvi čistilni val, komunalna odpadna voda, razbremenilnik, zadrževalni bazen.

ABSTRACT

The graduation thesis deals with the measurements of the greatest load of mixed municipal waste water in the Velenje–Šoštanj sewage system. Measurements were made during heavy rains (downpours). The largest pollutant load of combined municipal waste water can be expected after a longer period of dry season. I assume that all parameters will exceed the limit values at that time. The thesis consists of theoretical and practical part.

The theoretical part consists of a general description of the problem in terms of the overflow of municipal waste water from sewage systems (ATV-A 128, 1992). When the mixed municipal waste water overflows from combined sewers it results in excessive pollution of the only disposal (Paka River) in the Valley, with the so-called first flush of cleaning. After that the facilities in sewage system are described. It presents in detail the concept and the purpose of the combined sewers and retention basins, which should stand after the combined sewers because of the first cleaning wave from the sewage system, which is polluting the river. The characteristics of the municipal waste waters are described and the evaluation of these on the basis of the physical and chemical properties of the waste waters, with great emphasis on the method of sampling. Thus we have to sample the municipal waste water appropriately and pay attention to the time, because the time between the sampling municipal waste water and the analysis must be as short as possible. It is therefore advisable to carry out the analysis immediately after the sampling, in the extreme case, not later than after 24 hours. It would be ideal to perform the analysis on-the-spot, but that is normally not feasible.

In the last part are displayed the measurements in the area of mixed sewage system Velenje–Šoštanj, on the combined sewer Dijaški dom, and measures were proposed to improve the operation of the sewage system in Velenje–Šoštanj.

The first flush of combined sewer overflows occurs after a longer period of dry season, in spring and fall, where the concentrations of leached pollutants reach high levels. This first flush needs to be restrained and taken away fully to the waste water treatment plant. This will require a construction of appropriate retention basins.

On the basis of current patterns from the combined sewer Dijaški dom, we made measurements of basic parameters of municipal waste water in CČN Šoštanj laboratory and compared them with the prescribed limit values for discharges into the Paka River.

We found that municipal waste water at the outlet of combined sewer Dijaški dom does not exceed the limit values for the discharge into the receiver, but nonetheless a construction of retention basin for rainwater (ZBDV) is inevitable as a result of EU guidelines (ATV-A 128, 1992).

Key words: sewage system, first flush, municipal waste water, combined sewer, retention basins.

PREGLED UPORABLJENIH SIMBOLOV

ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje
ATV	Abwassertechnische Vereinigung (Nemške smernice)
BPK	Biokemijska potreba po kisiku
BPK ₅	Biokemijska potreba po kisiku v petih dneh, mg/l
C	Ogljik
ČČN	Centralna čistilna naprava
ČN	Čistilna naprava
EU	Evropska unija
GIS	Geografski informacijski sistem
HP	Hišni priključek
KPK	Kemijska potreba po kisiku, mg/l
KPV	Komunalno podjetje Velenje
KS	Kanalizacijski sistem
MO	Mestna občina
MOP	Ministrstvo za okolje in prostor
N	Dušik
NTU	Enota za merjenje motnosti
O ₂	Kisik
OP	Operativni program
P	Fosfor
PE	Populacijski ekvivalent
pH	Merilo za koncentracijo hidronijevih ionov v raztopini
RK	Raztopljeni kisik
RS	Republika Slovenija
T	Temperatura, °C
ZBDV	Zadrževalni bazen deževnih voda

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	PROBLEMATIKA IN IZHODIŠČNE TEZE	2
1.2	Osnovni pojmi	3
1.3	Zgodovina kanalizacijskega sistema Velenje–Šoštanj v povezavi z reko Pako.....	5
1.4	Varovanje odvodnikov Šaleške doline v povezavi s problematiko kanalizacijskega sistema KPV	6
1.5	Prvi čistilni val	7
2	OBJEKTI NA KANALIZACIJSKEM SISTEMU	8
2.1	Revizijski jaški	8
2.2	Črpališča	8
2.3	Razbremenilnik	8
2.4	Podvodi	9
2.5	Zadrževalni bazeni	9
3	RAZBREMENILNIK ZA ANALIZO IN MERITVE OBREMENJENOSTI KOMUNALNE ODPADNE VODE	12
4	KANALIZACIJSKI SISTEM ŠALEŠKE DOLINE	14
4.1	Kanalizacijski sistemi glede na namen	14
4.1.1	Mešani sistem	14
4.1.2	Ločeni sistem	14
4.2	Podatki o kanalizacijske omrežju in njegovem obratovanju	15
4.3	Količina in sestava odpadne vode	17
4.3.1	Količina odpadne vode	17
4.3.2	Sestava odpadne vode.....	17
5	LASTNOSTI ODPADNIH VODA	19
5.1	Fizikalne lastnosti odpadnih voda.....	19
5.1.1	Trdne snovi	19
5.1.2	Motnost	19
5.1.3	Temperatura.....	20
5.1.4	Barva.....	21
5.1.5	Koncentracija in specifična masa	21
5.2	Kemijske lastnosti odpadnih voda	21
5.2.1	pH-vrednost.....	21
5.2.2	Kloridi	22

5.2.3	Alkaliniteta.....	22
5.2.4	Dušikove spojine.....	23
5.2.5	Fosfor.....	24
5.2.6	Žveplo.....	25
5.2.7	Plini.....	26
5.2.8	Vonj.....	26
5.2.9	Kovinske sestavine.....	26
5.2.10	Organske sestavine.....	26
5.2.11	Biokemijska potreba po kisiku – BPK.....	27
5.2.12	Kemijska potreba po kisiku – KPK.....	28
5.2.13	Organski ogljik in dušik.....	28
5.3	Bakteriološki parametri.....	29
5.4	Biološki parametri.....	29
6	VZORČENJE ODPADNIH VODA.....	30
6.1	Načini vzorčenja in vrste vzorcev.....	30
6.1.1	Naključni (trenutni) vzorec.....	31
6.1.2	Sestavljeni (kompozitni) vzorec.....	31
6.1.3	Časovno sorazmerni vzorec.....	31
6.1.4	Pretočno sorazmerni vzorec.....	31
6.2	Napake pri vzorčenju odpadnih voda.....	32
7	UKREPI ZA ZMANJŠEVANJE KOLIČIN PADAVINSKE ODPADNE VODE.....	33
8	METODE DELA.....	36
8.1	Opis meritev.....	38
8.2	Določanje koncentracije raztopljenega kisika.....	39
8.3	Merjenje elektroprevodnosti.....	40
8.4	Merjenje pH.....	41
8.5	Določitev obarvanosti vode.....	42
8.6	Določitev neraztopljenih snovi – TSS.....	42
8.7	Določitev usedljivih snovi.....	44
8.8	Določitev amonijevega dušika hach lange.....	46
8.9	Določitev nitritnega dušika hach lange.....	47
8.10	Določitev celotnega fosforja in ortofosfata hach lange.....	48
8.11	Določitev KPK.....	49
8.12	Določitev BPK ₅	50

9	REZULTATI MERITEV.....	52
9.1	Interpretacija rezultatov.....	56
10	SKLEP.....	59
11	POVZETEK.....	60
12	LITERATURA.....	63

KAZALO PREGLEDNIC

PREGLEDNICA 1: PREGLEDNICA ZA IZBOR VOLUMNA VZORCA	51
PREGLEDNICA 2: REZULTATI MERITEV Z DNE 5. 11. 2012	52
PREGLEDNICA 3: REZULTATI MERITEV Z DNE 28. 11. 2012.....	53
PREGLEDNICA 4: REZULTATI MERITEV Z DNE 29. 3. 2013	54
PREGLEDNICA 5: REZULTATI MERITEV Z DNE 24. 5. 2013	55

KAZALO SLIK

SLIKA 1: ZADRŽEVALNI BAZEN V BETONSKI IZVEDBI	10
SLIKA 2: ZADRŽEVALNI BAZEN DEŽEVNIH VODA Z RAZBREMENILNIKOM.....	10
SLIKA 3: LOKACIJA RAZBREMENILNIKA DIJAŠKI DOM	12
SLIKA 4: RAZBREMENILNIK DIJAŠKI DOM – ZNOTRAJ.....	13
SLIKA 5: IZTOK RAZBREMENILNIKA DIJAŠKI DOM.....	13
SLIKA 6: SHEMA KANALIZACIJSKEGA SISTEMA VELENJE–ŠOŠTANJ	15
SLIKA 7: TEHNOLOŠKA SHEMA CENTRALNE ČISTILNE NAPRAVE ŠALEŠKE DOLINE.....	17
SLIKA 8: ODVISNOST TOPNOSTI RAZTOPLJENEGA KISIKA (RK) OD TEMPERATURE PRI TLAKU 760 MM HG, BREZ ZASOLJENOSTI	21
SLIKA 9: DUŠIKOV CIKEL.....	24
SLIKA 10: FOSFORJEV CIKEL	24
SLIKA 11: ŽVEPLOV CIKEL	25
SLIKA 12: BPK KRIVULJA	27
SLIKA 13: ČASOVNO IN PRETOČNO PROPORCIONALNO VZORČENJE	32
SLIKA 14: SITUACIJA PREDVIDENE IZGRADNJE ZADRŽEVALNIH BAZENOV DEŽEVNIH VODA – ZBD .	34
SLIKA 15: ZAJEMALO ZA ODPADNO VODO S PODALJŠKOM	36
SLIKA 16: TERMOMETER	38
SLIKA 17: OKSIMETER.....	39
SLIKA 18: MERILEC ELEKTROPREVODNOSTI.....	40
SLIKA 19: PH METER	41
SLIKA 20: SPEKTROFOTOMETER.....	42
SLIKA 21: SISTEM ZA FILTRIRANJE	43
SLIKA 22: KONIČNI VALJ ZA USEDANJE (IMHOFFOV LIJ)	45
SLIKA 23: FOTOMETER.....	46
SLIKA 24: FOTOMETER.....	47
SLIKA 25: REAKTOR.....	48
SLIKA 26: FOTOMETER.....	50
SLIKA 27: INKUBACIJSKE STEKLENICE	51

SLIKA 28: GRAFIČNI PRIKAZ VREDNOSTI NERAZTOPLJENIH SNOVI	56
SLIKA 29: GRAFIČNI PRIKAZ VREDNOSTI AMONIJEVEGA DUŠIKA	57
SLIKA 30: GRAFIČNI PRIKAZ VREDNOSTI KPK	57

1 UVOD

V Komunalnem podjetju Velenje, d. o. o., PE – Kanalizacija se med drugim ukvarjajo tudi z izvajanjem del na področju vzdrževanja kanalizacijskih sistemov.

Pri omenjenem podjetju so mi omogočili opravljanje praktičnega dela diplomskega dela in mi nudili strokovno pomoč, saj je Komunalno podjetje Velenje upravljavec komunalne infrastrukture – javnega vodovoda in kanalizacije na območju mestne občine Velenje, občine Šoštanj in občine Šmartno ob Paki. Omogočili so mi vpogled v obstoječe rešitve in strokovne podlage za reševanje čiščenja in odvajanja komunalnih odpadnih voda.

V današnjem svetu so okoljska osveščenost, skrb za okolje in čiste vode na vedno višji ravni, zato odpadne komunalne in padavinske vode pred izpustom v okolje vodimo na čistilne naprave in jih tam prečistimo.

V času močnih padavin, še posebej po daljšem sušnem obdobju, se s cestnih površin splakne onesnaženje, ki mu pravimo prvi čistilni val onesnaženja ali kritični odtok.

Na mešanem kanalizacijskem sistemu, kot je obstoječi sistem Velenje–Šoštanj, so sestavni del kanalizacijskega omrežja razbremenilni objekti, ki v obdobju povečanih padavin vso količino mešane padavinske in odpadne vode iz kanalizacije, ki so nad hidravlično zmogljivostjo kanalizacijskega omrežja, prelivajo v odvodnik – reko Pako, katera je edini odvodnik Šaleške doline.

V preteklosti so bili kriteriji za prelito vodo bistveno nižji, glede na takratne zahteve so se dimenzionirali tudi razbremenilniki.

Nova zakonodaja, usklajena z direktivami EU, zahteva strožje pogoje za prelito vodo, s poudarkom na obveznem zadrževanju prvega naliva skladno z 8. členom Uredbe o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav (Ur.l. RS 45/2007, 2007). Uredba zavezuje upravljavce javne kanalizacije, da morajo zagotoviti ustrezno zadrževanje prvega naliva padavinske odpadne vode v napravah za zadrževanje in mehansko čiščenje ter zajeto padavinsko odpadno vodo po končanem nalivu odvesti na čistilno napravo, kadar gre za mešano javno kanalizacijo.

Prvi čistilni val onesnaženja je treba voditi na čistilno napravo, da pa bi bila le-ta enakomerno obremenjena tudi ob nalivih, gradimo zadrževalne bazene deževnih voda (ZBDV).

Zato je rešitev problematike v novogradnji zadrževalnih bazenov deževnih voda, ki bodo zadrževali najbolj onesnaženi prvi čistilni val, in ko se bodo razmere na kanalizacijskem sistemu umirile in se bo zmanjšal dotok na čistilno napravo, se bo odpadna voda iz zadrževalnih bazenov spustila v kanal, ki vodi na čistilno napravo, kjer se odpadna voda nato prečisti in izpusti v naravni odvodnik – reko Pako.

V diplomskem delu sem ugotavljal največjo obremenjenost mešane komunalne odpadne vode na kanalizacijskem sistemu Velenje–Šoštanj. Poskusil sem ujeti tako imenovani najbolj onesnaženi prvi čistilni val komunalne odpadne vode, ki se izlije iz razbremenilnika neposredno v odvodnik, kar pa lahko predstavlja veliko obremenitev odvodnika.

1.1 PROBLEMATIKA IN IZHODIŠČNE TEZE

Na kanalizacijskem sistemu Velenje–Šoštanj je zgrajenih več razbremenilnikov (35 objektov). Vsi so zgrajeni na osnovi veljavnih predpisov iz preteklosti, tako da ne zadoščajo sodobnim zahtevam EU v povezavi z varovanjem odvodnikov glede prelivanja vode iz kanalizacijskih sistemov po standardu (ATV-A 128, 1992).

Ob prelivanju mešane komunalne odpadne vode iz razbremenilnikov prihaja posledično do prekomernega onesnaževanja edinega odvodnika v dolini s tako imenovanim prvim čistilnim valom. Prvi čistilni val razbremenjenih odtokov je ob daljšem sušnem obdobju, spomladi in jeseni, ko koncentracije spranih onesnažil dosežejo visoke vrednosti, in ga je potrebno zadržati ter ga v celoti odvesti na čistilno napravo. Iz tega razloga bo nujno potrebna gradnja ustreznih zadrževalnih bazenov.

Primer starega načina razbremenjevanja lahko najdemo v Nemčiji, kjer so dejanske meritve na omrežjih (Stuttgart-Büsnau) pokazale, da je pri začetnem odtoku deževnice le 10 % trdnih snovi in 27 % BPK₅ ter fosforja in dušika izhajalo iz sušnega odtoka. Ostale snovi so izhajale iz usedlin v kanalih (56 %) in usedlin iz utrjenih vplivnih površin (44 %). V povprečju je bil pri odtoku deževnice BPK₅ okoli štirikrat in v četrtini vseh primerov celo 15-krat tako visok kot pri sušnem odtoku. Pri netopnih sestavinah je znašala količina v povprečju desetkratno in v četrtini vseh primerov celo 55-kratno količino sušnega odtoka. Pri takratnem nemškemu načinu razbremenjevanja (petkratni sušni odtok) je v biološki del čistilne naprave lahko prispelo le okoli 30 % deževnice in s tem okoli 30 % BPK₅.

S tem primerom lahko ugotovimo, kako porazni so lahko šele rezultati na naših razbremenilnikih, kjer se žal še dandanes razbremenjuje na dvakratni sušni pretok.

Drugi problem pa se pojavlja že v osnovi samega kanalizacijskega omrežja z netesnostjo cevovodov, kajti obstoječe kanalizacijsko omrežje sestavljajo predvsem kanalizacijski vodi, grajeni iz nearmiranih betonskih cevi v petdesetih in šestdesetih letih prejšnjega stoletja.

Gradnja zbirnih kanalizacijskih vodov je bila predvsem lokalne narave v sklopu urbanizacije posameznih prostorskih sklopov, ki danes ne ustreza okoljevarstvenim predpisom in standardom. Sama gradnja obstoječe netesne kanalizacije je bila tehnično slabo zasnovana, vgrajevale so se metrske betonske cevi na neustrezno pripravljeno podlago, brez obdelave stikov med posameznimi cevmi (betonski prstani), gradilo se je pod neutrjenimi površinami. Z leti se je spreminjala tudi namembnost površin nad obstoječo kanalizacijo iz neutrjenih v utrjene oziroma povozne površine, kjer prihaja do poškodb kanalov zaradi temenskih preobremenitev ter posledično do poškodb in netesnosti kanalov in onesnaževanja okolja.

Na obstoječih nearmirano betonskih kanalih so vidne tudi posledice abrazije, vraščanja korenin na netesnih spojih in v območjih poškodovanih cevi, poškodbe zaradi nestrokovno vdelenih priključkov, netesnost kanalizacijskih jaškov, jaški brez dna, kjer odpadna voda nenadzorovano odteka v okolje.

Namen diplomskega dela je prispevati še dodaten košček sestavljanke Komunalnemu podjetju Velenje, da ugotovimo obremenjenost mešane komunalne odpadne vode pri prelivu le-te v odvodnik na izbranem razbremenilniku in zagotovimo pogoje za dolgoročno varovanje okolja.

V diplomskem delu me zanima, kako velika je obremenjenost mešane komunalne odpadne vode pri tako imenovanem prvem čistilnem valu na razbremenilniku Dijaški dom.

Predvidevam, da bo obremenjenost mešane komunalne odpadne vode pri prvem čistilnem valu presegala mejne vrednosti za iztok v vode.

1.2 Osnovni pojmi

Kanalizacija je omrežje kanalskih vodov, kanalov in jarkov ter z njimi povezanih naprav, ki se povezujejo v kanalizacijsko omrežje in s pomočjo katerega se zagotavlja odvajanje odpadne vode iz stavb ali ločeno od njih oziroma skupaj z njimi tudi padavinske vode s streh in z utrjenih, tlakovanih ali z drugim materialom prekritih površin.

Javna kanalizacija so infrastrukturni objekti in naprave kanalizacije, namenjeni izvajanju občinske gospodarske službe odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode.

Interna kanalizacija je sistem kanalov in z njimi povezanih tehnoloških naprav, ki so namenjene odvajanju odpadne in padavinske vode od mesta nastanka do izpusta v javno kanalizacijo. Interna kanalizacija, kanalizacijski priključek, nepretočne greznice, obstoječe greznice in male komunalne čistilne naprave z zmogljivostjo, manjšo od 50 populacijskih ekvivalentov (PE), niso objekti javne kanalizacije in so v lasti lastnikov stavb, ki jim pripadajo.

Komunalna odpadna voda je odpadna voda v skladu s predpisom, ki ureja emisijo snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo. Komunalna odpadna voda je voda, ki nastaja v bivalnem okolju gospodinjstev zaradi rabe vode v sanitarnih prostorih, pri kuhanju, pranju in drugih gospodinjskih opravilih. Nastaja v stavbah v javni rabi pri kakršni koli dejavnosti, če je po nastanku in sestavi podobna vodi po uporabi v gospodinjstvu. Je tudi odpadna voda, ki nastaja kot industrijska odpadna voda v proizvodnji ali storitveni ali drugi dejavnosti ali mešanica te odpadne vode s komunalno in padavinsko odpadno vodo, če je po naravi ali sestavi podobna odpadni vodi v gospodinjstvu in kadar njen povprečni dnevni pretok ne presega 15 m³/dan, njena letna količina ne presega 4.000 m³, obremenjevanje okolja zaradi njenega odvajanja ne presega 50 PE in pri kateri za nobeno od nevarnih snovi letna količina ne presega količine nevarnih snovi, določenih kot nevarne v skladu s predpisi, ki urejajo emisijo snovi pri odvajanju odpadnih voda.

Kot pravi Maleiner (Maleiner, 2006a) je komunalna odpadna voda mešanica vode ter anorganskih in organskih snovi. Običajno sestavine hišnih komunalnih odpadnih vod vsebujejo 40 % dušičnih spojin (urin in beljakovine), 50 % ogljikovih hidratov in 10 % maščob. Vse te snovi so v vodi raztopljene ali suspendirane.

Padavinska voda je odpadna voda v skladu s prepisom, ki ureja emisijo snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo, in sicer je to voda, ki kot posledica meteorskih padavin odteka onesnažena iz utrjenih, tlakovanih ali z drugim materialom prekritih površin v vode ali se odvaja v javno kanalizacijo.

Industrijska odpadna voda je odpadna voda v skladu s prepisom, ki ureja emisijo snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo, in sicer je to voda, ki kot stranski produkt nastaja v industriji, obrtni, obrti podobni gospodarski ali kmetijski dejavnosti in nima več neposredne uporabne vrednosti za nadaljnji tehnološki proces. Za industrijsko odpadno vodo se šteje tudi zmes tehnološke odpadne vode s komunalno ali padavinsko odpadno vodo oziroma z obema, če se pomešani po skupnem iztoku odvajata v kanalizacijo ali vodotok. Med industrijsko odpadno vodo štejemo tudi hladilno in izcedno vodo, ki odtekata iz objektov in naprav za predelavo, skladiščenje in odlaganje odpadkov.

Populacijski ekvivalent (v nadaljnjem besedilu: PE) je enota obremenitve vode, ki ustreza onesnaženju, katerega povzroči odrasla oseba pri povprečni porabi vode. Primerjalno se lahko uporabi tudi za odpadno vodo, ki nastaja v industriji in kmetijstvu. 1 PE je enak 60 g BPK₅ na dan.

Sekundarno kanalizacijsko omrežje javne kanalizacije (v nadaljevanju: sekundarno omrežje) je sistem kanalov in z njimi povezanih tehnoloških naprav (peskolovi, lovilci olj in maščob, črpališča za prečrpavanje odpadne vode, ...), ki so namenjeni za odvajanje komunalne odpadne in padavinske vode v naselju ali delu naselja. Sekundarno kanalizacijsko omrežje se zaključuje v mali komunalni čistilni napravi ali v primarnem kanalizacijskem omrežju.

Primarno kanalizacijsko omrežje javne kanalizacije (v nadaljevanju: primarno omrežje) je sistem kanalov in z njimi povezanih tehnoloških naprav (črpališča in druge naprave za prečrpavanje), ki se uporabljajo za odvajanje komunalne odpadne in padavinske vode iz dveh ali več sekundarnih kanalizacijskih omrežij na posameznih območjih naselja, lahko pa tudi za odvajanje tehnološke odpadne vode iz enega ali več proizvodnih obratov, ki so na območju takšnega naselja in kateri se zaključijo v komunalni ali skupni čistilni napravi.

Ločeni kanalizacijski sistem je kanalizacijski sistem, po katerem se komunalna odpadna voda odvaja ločeno od padavinske odpadne vode.

Mešani kanalizacijski sistem je kanalizacijski sistem za skupno zbiranje in odvajanje komunalne in padavinske odpadne vode.

Komunalna čistilna naprava je čistilna naprava za komunalno odpadno vodo ali za mešanico komunalne in padavinske odpadne vode.

Mala komunalna čistilna naprava je naprava za obdelavo komunalne odpadne vode z zmogljivostjo čiščenja, manjšo od 2.000 populacijskih ekvivalentov, v kateri poteka biološka razgradnja s pospešenim prezračevanjem s pomočjo razpršene biomase ali s pritrjenim biološkim filmom ali biološka razgradnja z naravnim prezračevanjem s precejanjem skozi peščeni filter, s pomočjo rastlin, v prezračevalnih lagunah ali naravnih lagunah, če je zagotovljeno posredno odvajanje vode v podzemne vode.

Parametri onesnaženosti odpadne vode so temperatura, pH-vrednost, obarvanost, strupenost in koncentracije škodljivih snovi, ki se ugotavljajo po predpisanih merilnih postopkih.

Obratovalni monitoring odpadne vode je proces jemanja vzorcev odpadne vode med obratovanjem vira onesnaženja ter merjenja in vrednotenja parametrov onesnaženosti v skladu s predpisi oziroma programom izvajanja meritev.

Pretok odpadne vode je povprečna količina odpadne vode, ki odteka v javno kanalizacijo, izražena v m³/leto, m³/mesec, m³/dan, m³/uro ali v m³/sekundo.

Merilnik pretoka je naprava, ki omogoča merjenje pretoka odpadne vode.

Merilno mesto je objekt pred iztokom v javno kanalizacijo, kjer se merita količina (pretok) in kakovost (vsebnost nečistoč) odtekajoče odpadne vode.

Odvodnik je vodno telo, v katerega se razbremenjuje ali izpušča (očiščeno) odpadno ali padavinsko vodo (Kompore 1991).

Vzorec odpadne vode je del toka odpadne vode, ki se odvzame na določenem merilnem mestu, v določenem časovnem obdobju, na določen način in je namenjen analizi odpadne vode (Roš in Zupančič, 2010).

Pretočni bazen brez čistilnega pretoka nameščamo tam, kjer pričakujemo prvi čistilni val, da ga v celoti zadržimo. Ti pretočni bazeni zadržijo prvi čistilni val na začetku padavinskega dogodka in nimajo čistilnega pretoka. Vsa zadržana prostornina pa se mora odvesti na čistilno napravo (Maleiner 2003b).

Zadrževalni bazeni za razliko od pretočnih bazenov ne spadajo med razbremenilne naprave ampak zadržujejo razliko dotokov.

Povzeto po Pravilniku za projektiranje, tehnično izvedbo in uporabo objektov in naprav za izvajanje javne službe odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode (2013), str. 1–3.

1.3 Zgodovina kanalizacijskega sistema Velenje–Šoštanj v povezavi z reko Pako

Kanalski sistem Velenje–Šoštanj so začeli graditi leta 1963. Do leta 1971 je bilo obdobje gradnje sekundarne in meteorne kanalizacije, od leta 1971 do 1987 je sledila izgradnja primarne kanalizacije, do leta 1989 je bil v štirih fazah izgradnje kolektor, ki je povezal velenjsko omrežje s šoštanjskim kanalskim omrežjem. Od leta 1989 so bile izgrajene mala čistilna naprava Kavče (zgrajena 1991) in Podkraj (zgrajena 1989, leta 2007 ukinjena MKČN in zgrajeno črpališče) ter Centralna čistilna naprava (zgrajena 1990), ki pa se je leta 2006 dokončala z drugo fazo. Nato so se gradila še razna črpališča, razbremenilniki in priključki na čistilne naprave.

V splošnem je mreža vodotokov v Šaleški dolini zelo razvejana in gosta, praktično vsi vodotoki pa se izlivajo v reko Pako. Srednji letni pretok v Šoštanju znaša $2,3 \text{ m}^3/\text{s}$ (Perko idr., 1999), najmanjši pretok pa $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$. Najvišji pretok se pojavi spomladi, saj je Paka hudourniška reka s snežno-dežnim režimom, najnižji pretok pa je v mesecu avgustu. Paka je dolga 40 km in je levi pritok Savinje. Značilnost povodja Pake je, da so levi pritoki kratki (Trebušnica, Jablanski graben itd.), desni pritoki pa dolgi (Velunja, Lepena itd.).

V prvem obdobju izgradnje so bile v kanalizacijsko omrežje zajete predvsem kanalske vode za posamezne objekte z izlivom v reko Pako, zato je reka Paka od Velenja naprej postala praktično mrtva reka. Tako je bila še leta 1987 reka Paka pri Trebeliškem nad Velenjem v I. kakovostnem razredu, za Velenjem oziroma Šoštanjem pa v III. oziroma IV. kakovostnem razredu in se tako onesnažena izlivala dalje v reko Savinjo.

S širitvijo kanalizacijskega sistema, izgradnjo glavnega kolektorja DN 1000 od Velenja do Centralne čistilne naprave za Šoštanjem, zgrajene leta 1991, se je stanje reke Pake tako izboljšalo, da so v njej ponovno zaživele ribe. Širjenje kanalizacijskega sistema je intenzivno tudi danes, ko se s sredstvi prispevkov za razširjeno reprodukcijo, taks za obremenjevanje okolja in nepovratnih sredstev iz mednarodnih programov izgrajuje kanalizacijski sistem naselij velenjskega in šoštanjskega pojezera (Šterbenk idr., 2007).

Kanalizacijski sistem Šaleške doline je izveden pretežno v mešani izvedbi, ker poleg komunalnih odpadnih voda odvaja še odplake iz industrije, izcedno vodo iz odlagališča odpadkov in padavinsko vodo. Glavni kolektor Šaleške doline ima vgrajene pretočne razbremenilnike v reko Pako, ki zagotavljajo dotok na CČN 2Q $_{\text{sušni}} = 1000 \text{ l/s}$.

Zadrževalnih bazenov na omrežju še ni (graditi jih začnejo v bližnji prihodnosti), na CČN pa je bil vse do obnove in nadgradnje centralne čistilne naprave v funkciji zadrževalnega bazena primarni usedalnik. V povprečju je bila stopnja očiščenja odpadnih voda 40-odstotna, kar je bila še vedno prevelika obremenitev reke Pake, ki je edini odvodnik v dolini.

Centralna čistilna naprava Šaleške doline je nadgrajena s tretjo stopnjo čiščenja (uporaba tehnologije biofiltror), s katero je v Šaleški dolini dolgoročno zagotovljeno ustrezno čiščenje komunalne odpadne vode v skladu z zahtevami izdelanega operativnega programa.

Prav tako se je treba zavedati, da bistveni del prve faze lokalnega programa predstavljata nujna obnova neustreznega obstoječega kanalizacijskega sistema mesta Velenje ter izgradnja potrebnih zadrževalnih bazenov in razbremenilnikov na glavnem kolektorju centralnega kanalizacijskega sistema Velenje–Šoštanj.

Obnova obstoječega neustreznega omrežja na območju največje gostote poselitve in izgradnja zadrževalno-razbremenilnih objektov je pogoj za dolgoročno varovanje voda Šaleške doline ter prispevek k uspešnemu delovanju novozgrajene Centralne čistilne naprave Šoštanj.

1.4 Varovanje odvodnikov Šaleške doline v povezavi s problematiko kanalizacijskega sistema KPV

Za kanalizacijski sistem KPV je značilno, da starejši kanalski sistemi niso vodotesni, prav tako pa je na tem področju veliko pretočnih greznic, ki so slabo ali pa sploh niso vzdrževane. Ker ni večjih čistilnih naprav, ki bi sprejemale usedline iz greznic, se običajno vsebine iz greznic izlivajo neposredno v površinske vodotoke. Problematična so tudi manjša naselja, ki praviloma niso priključena na kanalski sistem. Nekatera manjša naselja so priključena na male čistilne naprave, ki so zastarele in praviloma ne dosegajo standardov, določenih z zakonodajo.

Problematično je tudi ravnanje z blatom, ki nastane z delovanjem čistilnih naprav, vendar pa se na tem področju stvari urejujejo, saj bo v bližnji prihodnosti KPV zgradilo kompostarno na nekdanjem odlagališču. Pri mešanem sistemu je neustrezno tudi prelivanje odpadne vode čistilnega vala prek razbremenilnikov v reko Pako, zato zgrajene čistilne naprave ne očistijo te odpadne vode.

Ker se ob deževju lahko odtok poveča tudi do 100 krat v primerjavi s sušnim odtokom, se mešanica onesnažene padavinske vode in sušnega odtoka prek razbremenilnih objektov odvaja v najbližji odvodnik. Razbremenilniki sicer omogočajo, da se del najbolj onesnažene odpadne vode vodi na ČN in očisti, vendar pa odpadna voda, ki se razbremenjuje v odvodnik, onesnažuje vodotok. Razbremenjevanje odpadne vode je najbolj problematično v poletnih mesecih, ko pretoki vodotokov upadejo in je posledica tega zmanjšanje samočistilne sposobnosti, ki je v poletnih mesecih manjša od količine onesnaženja. Poleg nižjega pretoka je treba upoštevati še odvzem vode iz vodotokov za potrebe industrije, kar še dodatno znižuje samočistilno sposobnost odvodnika. Zaradi tega lahko v poletnih mesecih pride celo do pomora rib. Prav tako je ob visokem vodostaju Pake, zaradi netesnosti kanalov, problematično vdiranje vode v kanalizacijski sistem in obratno ob nizkem vodostaju, posledica tega pa je spiranje sistema.

1.5 Prvi čistilni val

Izraz prvi čistilni val pojmuje Panjan (Panjan, 2002) v knjigi osnove zdravstveno hidrotehnične infrastrukture. Prvi čistilni val je mešanica izpranih organsko onesnaženih suspendiranih delcev v kanalizacijskem omrežju javne kanalizacije in padavinske odpadne vode, ki kot posledica prvega naliva padavinske odpadne vode odteka v smeri komunalne ali skupne čistilne naprave.

V kanalizaciji se v sušnem obdobju zaradi pomanjkanja vlečne moči netopni delci sušnega odtoka usedajo na dno kanala. Pri prvem večjem nalivu pa tako imenovani prvi čistilni val te usedline dvigne in jih premeša. Težki delci ostanejo in potujejo tik ob dnu kanala ter zato vodotokom niso nevarni. Lažje delce pa vzgon vode dviga v sredino kanala, kjer teče odtok hitreje kot ob steni, zato so ti delci hitrejši od povprečne hitrosti vala in tako se zbirajo na čelu vala. Na tako imenovanem čelu vala se zato nabirajo znatne koncentracije lebdeče in plavajoče onesnaženosti vse do preliva v vodotoke (Maleiner 2000c).

Koncentracija onesnažil v prvem čistilnem valu je odvisna od številnih parametrov, kot so: prispevno območje, intenziteta padavin, nepropustno območje in predhodno sušno vreme. Med nepropustne površine štejemo predvsem cestišča, parkirišča, dvorišča, strehe in podobno. Na cestišču nastajajo onesnažila zaradi obrabe pnevmatik vozil, zavornih sistemov vozil in temu posledično obrabe vozišča, ostanki olj in naftnih derivatov ter smeti. Vsi ti dejavniki pripomorejo k visoki koncentraciji onesnažil na cestišču. Koncentracija onesnažil se na cestišču kopiči, vse dokler ni sprana s cestišča s padavinskim odtokom. Daljše kot je sušno obdobje med padavinskimi dogodki, večje so koncentracije. Koncentracije onesnažil na cestiščih pa lahko zmanjšamo s pometanjem in splakovanjem.

Zaradi velikih koncentracij onesnažil lahko padavinski odtok, ki se razbremeni na razbremenilnih objektih, v odvodniku poruši naravno ravnovesje. Kljub temu, da se na razbremenilnikih razbremeni razredčena padavinska voda, je ta še vedno lahko preobremenjena za odvodnike. Zato je za zaščito odvodnika bistveno, da to vodo zadržimo z ustreznimi zadrževalniki in jo kasneje, ko se dotok odpadne vode na čistilno napravo umiri, pošljemo v kanalski sistem in jo prečistimo na čistilni napravi.

Prvi čistilni val pa lahko poimenujemo tudi sezonski prvi čistilni val. Kdaj ga poimenujemo prvi čistilni val oziroma kdaj sezonski prvi čistilni val, si lahko pogledamo na primeru iz Kalifornije (Medmrežje 1).

Za Kalifornijo je značilno, da se padavine pojavijo v določenih obdobjih. Večji del padavin se v južnem delu Kalifornije zgodi v času od novembra do marca, pri čemer imata januar in februar največ padavin. Dolgo sušno obdobje med aprilom in oktobrom povzroči nabiranje onesnažil. Prvo veliko deževje v sezoni, ki se dogodi kadar koli od oktobra do januarja, splakne skoncentrirana onesnažila, in sicer s povzročitvijo večjega iztoka.

Prvi čistilni val se zato lahko uporablja kot:

Prvi čistilni val: iztok večje količine ali večje koncentracije na začetku padavinskega dogodka. Ta izraz se lahko uporablja za vse vrste onesnažil.

Sezonski prvi čistilni val: iztok večje mase ali visokih koncentracij prvega ali prvih nekaj padavinskih dogodkov deževnega obdobja.

Torej lahko zaključimo, da se izraz **prvi čistilni val** vedno nanaša na posamezni padavinski dogodek, termin **sezonski prvi čistilni val** pa je vedno uporabljen za celoten letni čas.

2 OBJEKTI NA KANALIZACIJSKEM SISTEMU

Kanalizacijski sistem je sestavljen iz več specifičnih objektov. Med specifične objekte kanalizacijskih sistemov štejemo vstopne jaške, črpališča, razbremenilnike, podvode oziroma sifone in zadrževalne bazene. K specifični objektom štejemo tudi hišne priključke in ponikovalnice, vendar pa ti objekti ne spadajo k javnemu delu kanalizacijskega sistema.

2.1 Revizijski jaški

Vstopni revizijski jaški se gradijo povsod, kjer se spremenijo smer, padec ali profil kanala. Gradimo jih tudi na ravnih odsekih, in sicer za potrebe čiščenja in vzdrževanja. Vstopni jaški omogočajo vstop v kanal oziroma dostop do koritnice, da lahko ugotovimo stanje kanala, ga očistimo ali popravimo. Potrebujemo jih, kadar pride do zmanjšanja pretočne sposobnosti zaradi odlaganja težjih delcev, lepljenja maščob na ostenje in včasih celo zamašitve s primesmi, ki jih prinaša odpadna voda. Vstopni jaški prav tako omogočajo zračenje kanalizacijskega omrežja.

2.2 Črpališča

Črpališča gradimo na mestih, kjer gravitacijski odvod odpadne vode ni možen. Zagotoviti moramo, da so črpalke konstruirane tako, da ne prihaja do zamašitev in drugih motenj pri obratovanju, ne glede na kakovost dotoka. Uporabljamo različne vrste črpalk, in sicer centrifugalne, izrivne, polžaste, črpalke na stisnjeni zrak, batne in membranske črpalke, ki pa se uporabljajo predvsem pri čistilnih napravah. Najustreznejšo črpalko izberemo na podlagi presoje njenih karakteristik.

2.3 Razbremenilnik

Razbremenilnik je objekt, ki služi za dodatno odvajanje vode. Pri mešanem kanalskem sistemu odvajamo prek razbremenilnikov večji del padavinskega odtoka v odvodnik ali zadrževalni bazen, preostalo količino padavinskega odtoka pa vodimo v dovodnih kanalih na čistilno napravo.

Pri dimenzioniranju razbremenilnikov, ki so znotraj centralnega sistema javne kanalizacije, je treba upoštevati, da je treba pretežni del onesnažene padavinske odpadne vode, predvsem prvi čistilni val, zadržati v sistemu in ga odvajati na centralno čistilno napravo.

Pri dimenzioniranju razbremenilnikov na lokalnih kanalizacijskih sistemih je treba navedena določila smiselno upoštevati. Razbremenilnike je treba dimenzionirati tako, da je zagotovljeno odvajanje onesnažene padavinske vode, predvsem prvega močnega onesnaženega vala na čistilno napravo. Prelivati začnejo, ko je presežen kritični deževni odtok Q_{krit} .

Glede na način odtoka in način prelivanja ločimo več vrst razbremenilnih objektov:

- razbremenilnik s prelivnim robom in odtokom s prosto gladino,
- razbremenilnik z visokim prelivnim robom in cevno dušilko na iztoku, pri čemer je lahko prelivni rob izveden kot bočni enostranski prelivni rob, bočni dvostranski prelivni rob ali kot pravokotni prelivni rob,
- razbremenilnik z delilno ploščo in
- vrtinčni razbremenilnik.

Razbremenilnik je objekt, ki na čistilno napravo odvaja najmanj kritični pretok Q_{krit} . Kritični pretok je vsota sušnega odtoka, kritičnega odtoka iz neposredne prispevne površine in vsote kritičnih odtokov iz gorvodno vezanih prispevnih površin.

2.4 Podvodi

Gradnje podvodov (sifonov) se poslužujemo na mestih, kjer zaradi ovir, kot so reke, potoki ali pomembnejše prometnice, gradimo kanal kot podvod pod oviro. Podvod izvedemo tako, da poglobljeni del kanala deluje pod tlakom.

Za pravilno delovanje podvoda moramo zagotavljati minimalno pretočno hitrost 0,5 m/s, saj lahko v nasprotnem primeru pride do prekomernega usedanja in posledično do zamašitve.

2.5 Zadrževalni bazeni

Zadrževalni bazeni imajo v bistvu dvojno funkcijo, kateri sta zmanjšati količino v razbremenilnikih prelite onesnažene vode v odvodnik in v primeru nesreč ukrepati, da v recipient odteče čim manjše onesnaženje (Panjan 2010).

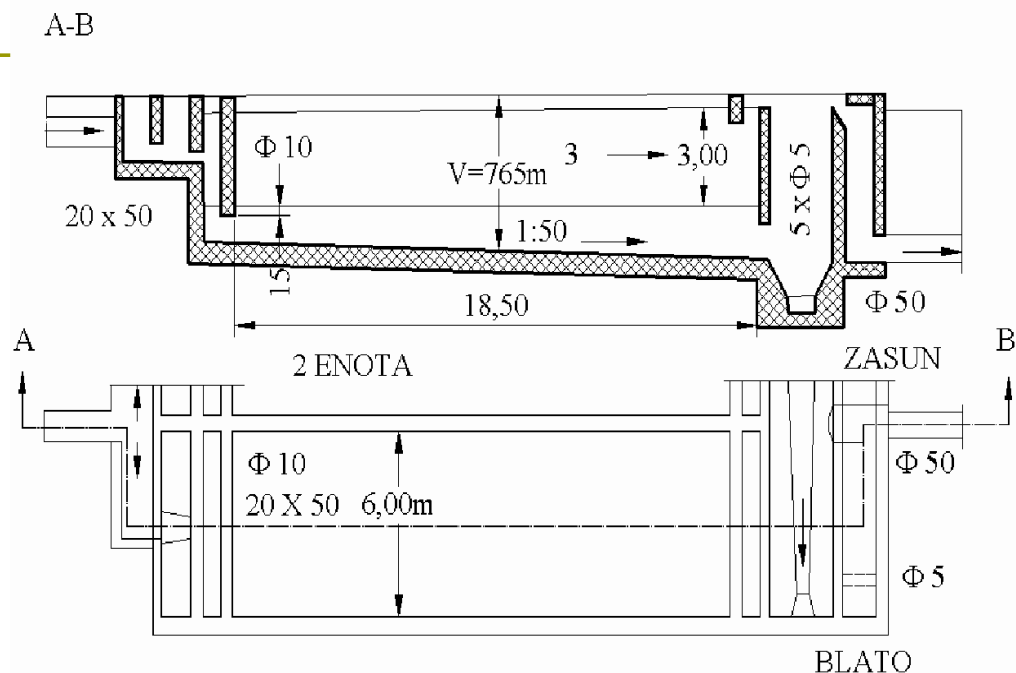
Grajeni so na sistemih za odvodnjavanje tik pred izpusti v odvodnik z minimalno efektivno prostornino 50 m³, kjer čistilna naprava ni zmožna sprejeti obremenitve pri močnem nalivu.

Razlikujemo tri vrste zadrževalnih bazenov, in sicer:

- deževni zadrževalni bazeni (zadržijo skoraj vso vodo ob močnem deževju),
- deževni prelivni bazeni (v iztočni kanal pride le prvi močno onesnaženi val vode) in
- deževni bazeni za delno čiščenje (uporaba pri ločenih sistemih za padavinske vode).

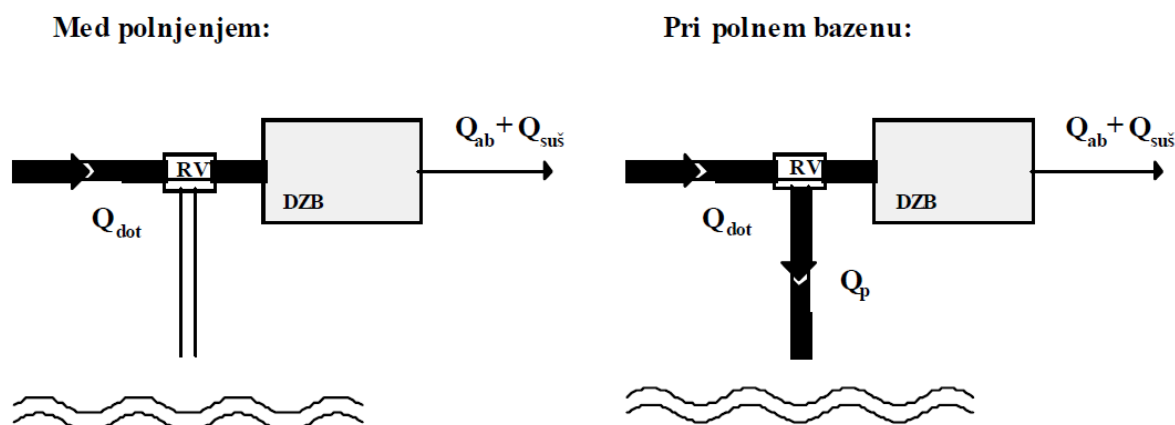
Grajeni so lahko kot prekriti objekti v betonski izvedbi (le-ti so načrtovani za urbana naselja, zato so predvideni tudi na kolektorju Velenje–Šoštanj) ali pa so odprti v zemeljski izvedbi (Panjan 2002).

Spodnja Slika 1 prikazuje primer zadrževalnega bazena (Panjan 2007).



Slika 1: Zadrževalni bazen v betonski izvedbi (Vir: Panjan, 2007)

Zadrževalni bazen deževnih voda (ZBDV) z razbremenilnikom: Kot sem že omenil, je naloga ZBDV zadržati prvi čistilni val onesnaženja, ki se pojavi ob nastopu padavin po daljšem sušnem obdobju, predvsem na prispevnih območjih s krajšim odtočnim časom. Volumen bazena je določen s krono prelivnega objekta, sam zadrževalni bazen pa nima preлива. Zato je treba vso zadržano odpadno vodo odpeljati na čistilno napravo, kjer se voda očisti mehansko in biološko. ZBDV gradimo na omrežju, kadar čas dotoka pri kritičnem nalivu ne presega 15–20 minut.



Slika 2: Zadrževalni bazen deževnih voda z razbremenilnikom (Vir: Panjan, 2007)

Zadrževalni bazeni praviloma sestavljajo naslednje enote:

- enote na dotoku v bazen (dotočni kanal, dotočna komora),
- akumulacijo (pokrita/nepokrita, peskolov, korito za sušni pretok, akumulacijski prostor, prelivna stena, potopljene stene in drugo) in
- enote na iztoku iz bazena (iztočni kanal, kanal za prelito vodo z iztokom v odvodnik in drugo).

V bazene je treba po potrebi vgraditi naslednjo opremo:

- čistilne elemente (avtomatske grablje, naprava za kompaktiranje odpadkov s kontejnerjem, prekucniki za izpiranje dna akumulacije, črpalke in mešala za usedline ter drugo),
- regulacijske elemente (senzorje za merjenje pretoka in ravni, dušilke, zapornice in drugo) in
- nadzor delovanja naprav – brezžični ali kabelski sistem zveze s prenosom podatkov v nadzorni center vzdrževalne službe (postavitev antene na lokaciji objektov, v prostoru upravljanja pa potrebno opremo, vgrajeno v elektro omari).

Vgraditi je treba tudi nekatere inštalacije, in sicer:

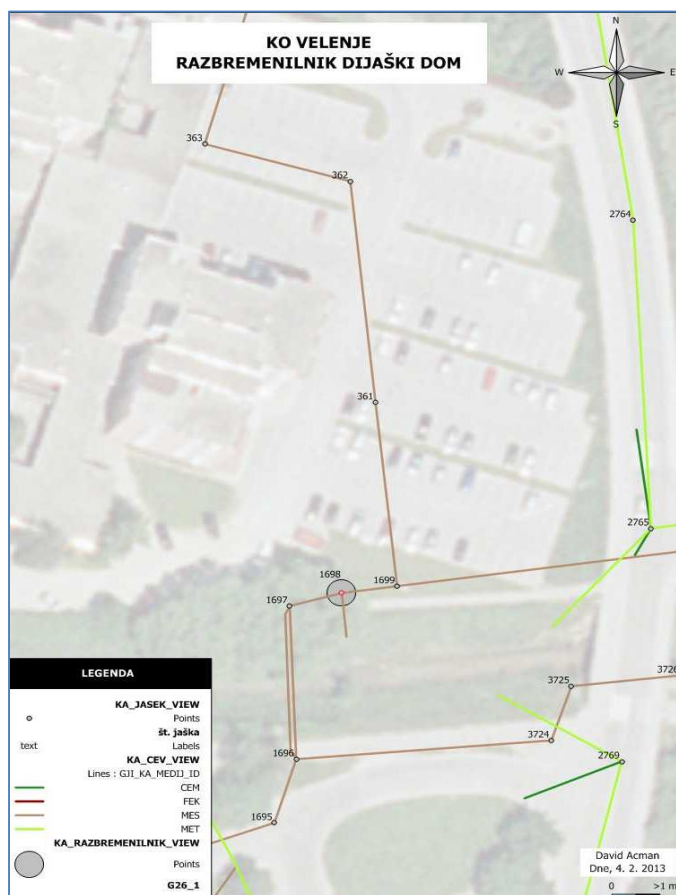
- tlačni sistem za izpiranje sten bazena;
- vodovodni priključek iz javnega vodovoda;
- nizkonapetostni elektro-priključek iz omrežja z možnostjo rezervnega napajanja iz mobilnega agregata;
- pri pokritih akumulacijah sistem za prisilno prezračevanje akumulacijskega prostora.

Povzeto po Pravilniku za projektiranje, tehnično izvedbo in uporabo javnega kanalizacijskega sistema v MO Velenje (2009).

3 RAZBREMENILNIK ZA ANALIZO IN MERITVE OBREMENJENOSTI KOMUNALNE ODPADNE VODE

Za ugotavljanje največje obremenjenosti mešane komunalne odpadne vode sem si izbral razbremenilnik »Dijaški dom« na kanalizacijskem omrežju Velenje–Šoštanj, na katerem se mešana komunalna odpadna voda najprej prelije v reko Pako.

Razbremenilnik Dijaški dom se nahaja v MO Velenje v naselju Selo nedaleč od glavne ceste proti Slovenj Gradcu na desnem bregu reke Pake zraven Dijaškega doma, po katerem nosi tudi ime.



Slika 3: Lokacija razbremenilnika Dijaški dom (Vir: GIS, Avtor, 2013)

Na njem sem izvajal ročno vzorčenje mešane komunalne odpadne vode. Za zbiranje podatkov in ugotavljanje stanja največje obremenjenosti mešane komunalne odpadne vode na razbremenilniku sem uporabil metodo ročnega vzorčenja trenutnih vzorcev. Vzorčil sem v dežju, ko se je kanalizacijski sistem napolni do te mere, da je razbremenilnik Dijaški dom preli v reko Pako. Nato sem izvedel odvzem trenutnih vzorcev, katerih primerjavo smo naredili v tehnološkem laboratoriju službe KBT na CČN Šoštanj.

Spodnji Slika 4 in Slika 5 prikazujeta notranjost razbremenilnika Dijaški dom in iztok iz razbremenilnika v reko Pako. Na Sliki 4 vidimo notranjost razbremenilnika z vtokom in iztokom komunalne odpadne vode ter zgornjo in spodnjo prelivno steno, prelivni zid in iztočno prelivno cev.



Slika 4: Razbremenilnik Dijaški dom – znotraj (Vir: Avtor, 2013)



Slika 5: Iztok razbremenilnika Dijaški dom (Vir: Avtor, 2013)

4 KANALIZACIJSKI SISTEM ŠALEŠKE DOLINE

4.1 Kanalizacijski sistemi glede na namen

4.1.1 Mešani sistem

Mešani kanalizacijski sistem pomeni, da odvajamo skupaj komunalno odpadno vodo in padavinsko vodo v skupnem kanalu. Pri mešanih sistemih moramo na določenih mestih zgraditi razbremenilnike in zadrževalne naprave.

Prednosti mešanega sistema so:

- Za vsako zazidljivo parcelo je treba zgraditi le eden HP.
- V cestišču je potreben le eden kanal (majhna poraba sredstev in prostora).
- Pri pogostih slabotnih padavinah se izprana onesnaženost iz utrjenih površin odvede v čistilno napravo in ne obremenjuje dodatno vodotoka.
- Skupna dolžina kanalizacijskega omrežja je dosti krajša.

4.1.2 Ločeni sistem

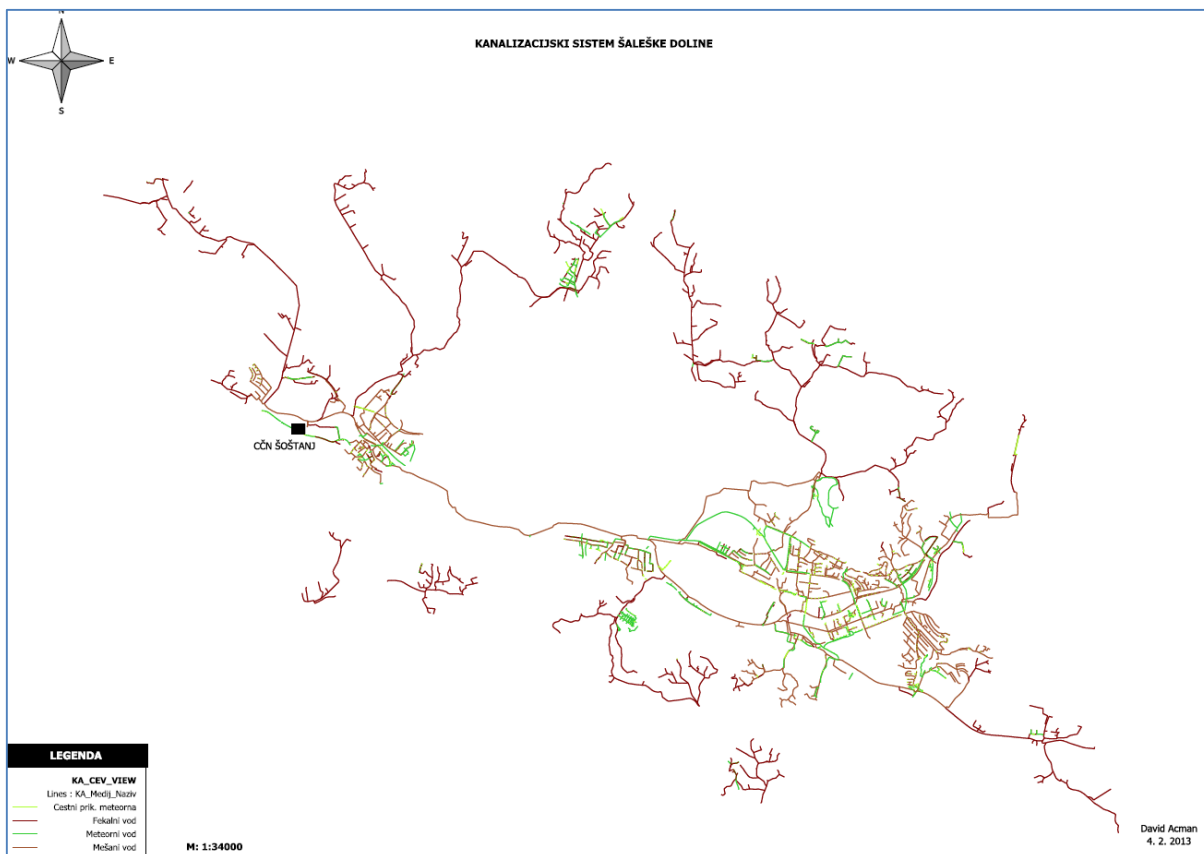
Ločeni kanalizacijski oziroma separaten kanalizacijski sistem pomeni, da v en kanalizacijski sistem odvajamo komunalno odpadno vodo, v drugega pa padavinsko odpadno vodo. Torej se padavinske vode odvajajo ločeno od fekalnih voda. To pomeni dva ločena kanalizacijska voda oziroma sistema.

Predpogoj za delovanje ločenega sistema je striktno ločenje sušnih in meteornih odtokov od mesta nastanka do mesta predaje (čistilne naprave). Torej je ločeni sistem odvajanja možen samo takrat, ko se na izvoru oziroma na hišnih priključkih ločita fekalni in meteorni vod.

Prednosti ločenih sistemov so:

- Odpadne vode se ne razbremenjujejo in ostanejo v veliki meri koncentrirane.
- Prepreči se odvod čistih padavinskih voda prek čistilne naprave.
- Majhni premeri sušnega kanala povzročijo višje delno polnjenje cevi, zato je tudi vlečna sila večja in ne prihaja do odlaganja usedlin (Maleiner 2000d).

Kanalizacijski sistem Velenje–Šoštanj je mešanega značaja, kar pomeni, da se v sušnem obdobju steka vanj vsa odpadna voda, medtem ko je med padavinami večina pretoka padavinskega značaja. Kanalski sistemi, ki so priključeni na male komunalne čistilne naprave, pa so ločeni kanalski sistemi in ne služijo za odvod padavinske vode, zato niso del diplomskega dela.



Slika 6: Shema kanalizacijskega sistema Velenje–Šoštanj (Vir: Avtor, 2013, GIS – KPV)

Kanalizacijski sistem Šaleške doline je danes sestavljen iz štirih ločenih kanalskih sistemov, ki se zaključijo na čistilni napravi. Ti sistemi so:

- centralni kanalizacijski sistem Velenje–Šoštanj s Centralno čistilno napravo Šaleške doline s kapaciteto 50.000 PE,
- kanalizacijski sistem Šmartno ob Paki, ki se zaključi z malo komunalno čistilno napravo Šmartno ob Paki s kapaciteto 1.500 PE,
- kanalizacijski sistem Kavče, ki se zaključi na mali komunalni čistilni napravi Kavče s kapaciteto 350 PE in
- kanalizacijski sistem Andraž, ki se zaključi na mali komunalni čistilni napravi Andraž s kapaciteto 100 PE.

4.2 Podatki o kanalizacijske omrežju in njegovem obratovanju

Skupna dolžina kanalizacijskega omrežja v upravljanju Komunalnega podjetja Velenje je 333.215,40 m. Od tega je 7.730,28 m meteorne kanalizacije cestnih priključkov, 6.605,40 m magistralnih vodov, 22.974,91 m primarnih vodov, 136.816,65 m sekundarni kanalskih vodov ter 34.112,31 m meteorne kanalizacije in 124.975,85 m hišnih priključkov. Na omrežju je zgrajenih 6.117 revizijskih jaškov.

Na kanalizacijskem omrežju je zgrajenih devet črpališč za odpadno komunalno vodo s skupno močjo 218,5 kW in skupno črpalno zmogljivostjo 428 l/s, in sicer:

- črpališče Škale,
- črpališče Škale novo,
- črpališče Ribiška koča,
- črpališče Stari jašek,
- črpališče Pohrastnik,
- črpališče Gaberke,
- črpališče Bevče,
- črpališče Podkraj in
- črpališče Ločičnik.

Na količino prečrpane odpadne vode prek črpališč močno vplivajo vremenske razmere, saj je, kot sem že omenil, precejšni del kanalizacije mešanega sistema.

V prvi polovici leta 2007 je bilo na mestu porušene MKČN Podkraj zgrajeno sodobno črpališče odpadnih voda, ki je priključeno na obstoječe fekalno kanalizacijo Podkraj–Tajna. V obstoječo mešano kanalizacijo, ki gravitira na črpališče Podkraj, so poleg komunalne odpadne vode iz gospodinjstev priključene tudi padavinske in zaledne vode, kar je posledica neurejenega odvodnjavanja meteorne in cestne kanalizacije na tem območju Podkraj. Predvsem v deževnem vremenu omenjeno črpališče močno obremenjuje obstoječo fekalno kanalizacijo Podkraj, ki se pri Hartlu priključuje na obstoječi kolektor. Črpališča odpadnih voda Gaberke, Škale novo in Bevče odvajajo komunalno odpadno vodo iz območij, kjer je grajen ločeni sistem kanalizacije, vendar sta se ob padavinah prav tako povečala dotok padavinskih voda v črpališča in količina prečrpane odpadne vode.

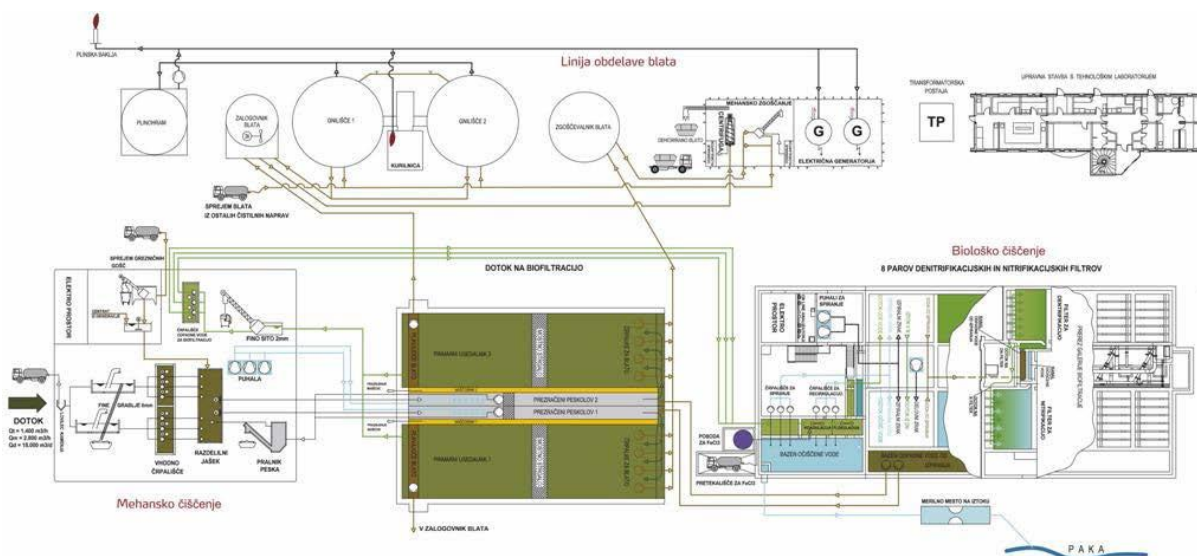
Prav tako je na omrežju Velenje–Šoštanj zgrajenih še 35 razbremenilnih objektov, zadrževalnih bazenov pa ni. Kot zadrževalni bazen služi le kanal, grajen pred razbremenilnikom Aškerčeva cesta v Šoštanju. Kanal ima premer 1,2 m in je dolg 42 m, vendar pa zaradi nizkega prelivnega roba v razbremenilniku prostornina ni izkoriščena.

Kanalizacijski sistem Velenje–Šoštanj se zaključi na Centralni čistilni napravi Šaleške doline v Šoštanju. Prva faza je pričela delovati leta 1990 za potrebe usnjarske industrije. Čistilna naprava je delovala dobro na dveh vzporednih progah. Leta 1995 pa so obe progi povezali v zaporedni in s tem povečali odstotek čiščenja za 20 %. Leta 2005 se je nadaljevala gradnja čistilne naprave.

Nova čistilna naprava deluje po metodi biološke ruše, ki je manj občutljiva na nihanje pretoka, zajemanje odvečnega blata je aktivno, potrebuje manj prostora, predvsem pomembno pa je zmanjšanje emisij vonjav.

Centralna čistilna naprava Šaleške doline je dimenzionirana na hidravlično obremenitev 50.000 populacijskih enot (PE). Odpadna voda se obdeluje po postopku biofiltracije s fiksirano biomaso, v kateri potekajo oksidacija ogljika, nitrifikacija in denitrifikacija.

Povzeto po Komunalno podjetje Velenje (2013). Centralna Čistilna Naprava Šaleške Doline. Medmrežje 3:



Slika 7: Tehnološka shema Centralne čistilne naprave Šaleške doline (Vir: KPV, Medmrežje 3, 2013)

4.3 Količina in sestava odpadne vode

4.3.1 Količina odpadne vode

V kanalizacijsko omrežje se steka le del porabljene pitne vode, vendar je v večini primerov to večji del celotne porabe. Seveda je količina odpadne vode odvisna od različnih dejavnikov, in sicer od načina življenja, klimatskih pogojev, razpoložljivih količin, cene vode, urejenosti kanalizacijskega omrežja, gospodarske strukture ter gostote naselitve in velikosti naselja. Poleg sušnega odtoka moramo upoštevati tudi tujo vodo, ki doteka v kanal, bodisi kot padavinska voda, bodisi kot drenažna voda ali voda iz potokov.

4.3.2 Sestava odpadne vode

Sestava odpadne vode je odvisna od več dejavnikov, v glavnem pa ločimo odpadno vodo iz naselij, industrijsko in kmetijsko odpadno vodo. Pri sestavi odpadne vode običajno navajamo količino vseh primesi, mineralnih, organskih, suspendiranih, ujedljivih, lebdečih, raztopljenih primesi, biokemijsko potrebo po kisiku v petih dneh in druge vrednosti.

S fizikalnimi, kemijskimi in biološkimi parametri nadzorujemo kakovost vode. S kemijsko analizo dobimo sliko trenutnega stanja in podatke o vsebnosti raztopljenih in neraztopljenih snovi.

Z biološko analizo dobimo podatke o kratkoročnih in dolgoročnih vplivih na življenjske združbe, lahko nakaže obstoj nekaterih elementov in spojin, vendar pa nam ne poda vsebnosti. Zato je treba za realno oceno kakovosti vodotokov izvesti kemijsko in hidrobiološko analizo. Za vsako analizo je bistvenega pomena dogovorjena metodologija, ki pa mora zadostiti določenim zahtevam, in sicer:

- dati dober vpogled v nihanje kakovosti,
- ustrezati praktičnim potrebam,
- biti preprosta in kratka ter
- dati rezultate, ki jih je mogoče obdelovati v preglednicah.

S sodobno tehniko lahko kontinuirano spremljamo različne parametre, kot so temperatura, kalnost, pH-vrednost, raztopljeni kisik, prevodnost in ocene drugih parametrov kakovosti kanalske vode. Te meritve običajno opravljajo na klasični način, kjer je treba posebno pozornost nameniti vzorčenju. Vzorec je treba odvzeti na tak način, da prikaže realne rezultate. Vzorce je treba zaščititi pred spremembo temperature, kar lahko storimo na dva načina, in sicer z ohlavitvijo vzorca pod temperaturo biološke aktivnosti ali pa s fiksiranjem vzorca.

Vzorce lahko odvezemamo avtomatsko, v primeru, da takšne možnosti nimamo, pa odzem izvajamo po metodi odvzema reprezentativnih vzorcev po veljavnih statističnih metodah. Pri avtomatskem odvzemu vzorca je pomembno, da vzorec poda povprečno vrednost, pomembno pa je tudi, da je odzem vzorca sorazmeren s pretokom.

5 LASTNOSTI ODPADNIH VODA

Povzeto po knjigi Čiščenje odpadnih voda (Roš, M., D. Zupančič, G. 2010).

5.1 Fizikalne lastnosti odpadnih voda

Najpomembnejša fizikalna lastnost odpadne vode so celotne trdne snovi, ki so sestavljene iz plavajočih snovi, usedljivih snovi, koloidnih delcev in raztopljenih snovi. Ostale pomembne fizikalne lastnosti vključujejo porazdelitev trdnih delcev, motnost, barvo, prepustnost, temperaturo, prevodnost, koncentracijo in specifično maso.

5.1.1 Trdne snovi

V odpadni vodi najdemo veliko trdnih suspendiranih snovi, ki se razlikujejo po velikosti delcev, od krp do koloidnih delcev. Pri določevanju lastnosti odpadnih voda se najbolj grob material običajno odstrani pred vzorčenjem za analizo trdnih snovi. Suspendirane snovi lahko razvrstimo na:

- **celotne (totalne) trdne snovi (TS)**: ostanek po sušenju vzorca odpadne vode pri 103–105 °C;
- **celotne hlapne (volatilne) snovi (TVS)**: snovi, ki izparijo pri žarenju vzorca TS pri 500±50 °C;
- **celotne fiksirane snovi (TFS)**: ostanek po žarenju TS pri 500±50 °C;
- **celotne suspendirane snovi (TSS)**: del TS, ki ostane na filtru s specifičnimi porami, po sušenju pri 103–105 °C;
- **hlapne suspendirane snovi (VSS)**: snovi, ki izparijo po sežigu TSS pri 500±50 °C;
- **fiksirane suspendirane snovi (FSS)**: ostanek trdnih snovi po žarenju SS pri 500±50 °C;
- **celotne raztopljene snovi (TDS) – (TS-TSS)**: trdne snovi, ki preidejo skozi filter in ne izparijo pri specifični temperaturi (103–105 °C);
- **celotne hlapne raztopljene snovi (VDS)**: snovi, ki lahko izparijo pri sežigu TDS pri 500±50 °C;
- **fiksirane raztopljene snovi (FDS)**: snovi, ki ostanejo pri žarenju TDS pri 500±50 °C;
- **usedljive snovi** : suspendirane snovi, izražene v ml na l, ki se usedejo iz suspenzije v določenem času (30 min, 1 ura, 2 uri).

5.1.2 Motnost

Motnost merimo z Jackosonovi turbidimetrom in nefelometrično. Določujemo pa jo v tako imenovanih NTU enotah (nephelometric turbidity unit). Motnosti oziroma kalnost je pomemben pokazatelj onesnaženja in stopnje čiščenja pri fizikalnih parametrih.

Motnost vode je pokazatelj prisotnosti koloidnih in suspendiranih delcev, velikosti od 1 nm do 1 mm. Merilo za motnost je osnovano na primerjavi intenzitete razpršitve svetlobe vzorca in referenčne suspenzije. Primarni referenčni standard je suspenzija formazina. Koloidni delci sipajo ali absorbirajo svetlobo in tako preprečujejo njeno prepustnost.

Splošno znano je, da ni zveze med motnostjo in koncentracijo celotnih suspendiranih snovi v surovi (neobdelani) odpadni vodi.

5.1.3 Temperatura

Temperaturo merimo s termometrom. Pri vseh meritvah temperature odčitamo vrednost šele takrat, ko se vrednost ne spreminja več. Med meritvijo morajo biti izključeni vsi vplivi, ki lahko vplivajo na meritev temperature (npr. direktna sončna svetloba) .

Temperatura odpadne vode pa je odvisna od letnega časa in velikosti kanalskega sistema. Tako temperatura odpadne vode v večjih kanalskih sistemih niha manj izrazito kot pri manjših sistemih.

Temperatura vode vpliva na kemijske reakcije in reakcijske hitrosti, vodno življenje in primernost vode za koristno uporabo. Tako lahko povečanje temperature na primer povzroči spremembe v vrstah rib, ki živijo v tekočih vodah. Industrijske ustanove, ki uporabljajo površinsko vodo za hlajenje, posebej kontrolirajo iztoke po hlajenju, da ne povzročijo prevelikega dviga temperature v tekočih vodah. Poleg tega je topnost kisika nižja pri višjih temperaturah, biološki procesi pa se intenzivirajo s povišanjem temperature.

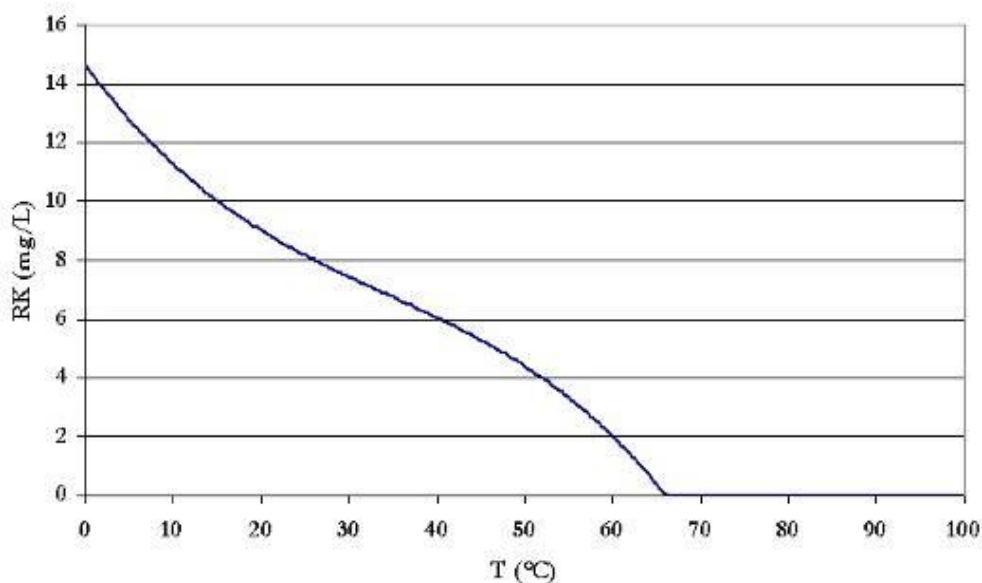
Topnost raztopljenega kisika opišemo z enačbo:

$$RK_{nasic} = 14,652 - 0,41022 \cdot T + 0,0079910 \cdot T^2 - 0,000077774 \cdot T^3$$

pri čemer je:

RK_{nasic} – koncentracija nasičenja raztopljenega kisika v mg/l
 T – temperatura vode v °C

Na naslednjem diagramu (Slika 10) vidimo, da topnost raztopljenega kisika (nasičena koncentracija) pada z naraščanjem temperature, pri okoli 67 °C pa je topnost kisika nič. To velja na nadmorski višini 0, barometričnem tlaku 760 mm Hg in brez zasoljenosti vode. Pri nižanju tlaka in povečanju zasoljenosti vode se topnost raztopljenega kisika znižuje (Slika 8).



Slika 8: Odvisnost topnosti raztopljenega kisika (RK) od temperature pri tlaku 760 mm Hg, brez zasojenosti (Vir: Roš in Zupančič, 2010)

5.1.4 Barva

Barvo odpadne vode lahko določimo na dva načina. Prvi način je metoda s standardno platin-kobaltovo raztopino, vendar ta metoda ni primerna za vse vrste odpadnih voda. Druga metoda pa je spektrofotometrična (v vzorcih vode merimo absorbanco pri dveh valovnih dolžinah: $\lambda = 254 \text{ nm}$ in 436 nm). Metoda ima vrsto prednosti pred platin-kobaltovo metodo. Pri slednji metodi gre za določanje več barvnih karakteristik, kot sta čistost in svetlost tonov.

Barva in vonj odpadne vode sta močno odvisna od vrste in starosti odpadne vode. Surova komunalna odpadna voda je svetlo rjavkasto sive barve. Po določenem času, ko teče po kanalizacijskem sistemu, pa postaja temno-sive barve, če pa so v sistemu anaerobni pogoji, lahko postane sivo-črne barve, ki jo povzročajo sulfidi.

5.1.5 Koncentracija in specifična masa

Koncentracija določene snovi v odpadni vodi je definirana kot masa na enoto volumna in jo izražamo v g/L ali kg/m^3 . Specifična masa (gostota) tekočine je masa na enoto volumna, izražamo jo kot kg/m^3 .

5.2 Kemijske lastnosti odpadnih voda

5.2.1 pH-vrednost

Izraz **pH-vrednost** izvira iz latinskega izraza »potentia hydrogenii« in pomeni učinkovitost vodika. Vrednost pH je merilo za kislost ali bazičnost raztopin. Po definiciji je pH negativni dekadski logaritem koncentracije oksonijevih ionov ali, če zapišem preprosto z enačbo:

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}_3\text{O}^+]$$

pri čemer je:

pH – pH-vrednost med 0 in 14,
log – logaritem ter
[H₃O⁺] – koncentracija oksonijevih ionov.

Sprejemljiva vrednost pH v naravi je med 6,5 in 8,5.

Koncentracija hidronijevih oziroma vodikovih ionov je odvisna od stopnje disociacije molekule vode.



Z upoštevanjem zakona o delovanju mase dobimo:

$$\frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{\text{H}_2\text{O}} = K$$

Oklepaji predstavljajo koncentracijo posameznih ionov v molih na liter.

Ker je koncentracija vode (H₂O) v vodnih raztopinah v bistvu konstantna, lahko to vključimo v ravnotežnostno konstanto *K* in dobimo:

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = K_w$$

K_w je znana kot ionizacijska konstanta ali ionski produkt vode in je enak 1×10⁻¹⁴ pri temperaturi 25 °C.

5.2.2 Kloridi

Klorid je sestavina odpadne vode, ki lahko vpliva na ponovno uporabo obdelane odpadne vode. Kloridi v naravi so rezultat izpiranja kamenin, ki vsebujejo kloride in trdne snovi, s katerimi pride voda v stik, in v obalnih področjih zaradi vdora slane vode. Vir kloridov so tudi domače, kmetijske in industrijske odpadne vode, ki jih spuščamo v površinske vode.

Človeški izločki vsebujejo okoli 6 g klorida na osebo na dan. Na področjih, kjer imajo zelo trdo vodo, se zaradi mehčanja vode doda precejšnje količine kloridov.

5.2.3 Alkaliniteta

Alkaliniteta v odpadni vodi preprečuje spremembe pH-vrednosti, ki jih povzročajo dodatki kislin. Odpadna voda je običajno alkalna, ker sprejema svojo alkaliniteto iz vodnih virov, podtalnice in dodatkov, ki pridejo v odpadno vodo med domačo rabo vode.

Alkaliniteta v odpadni vodi je rezultat prisotnosti hidroksidov [OH⁻], karbonatov [CO₃²⁻] in hidrogen karbonatov [HCO₃⁻] ter kationov, kot so kalcijev, magnezijev, natrijev, kalijev ali

amonijev ion. Od teh sta najpogostejša kalcijev in magnezijev dikarbonat. Borati, silikati, fosfati in podobne spojine lahko tudi prispevajo k alkaliniteti.

Alkaliniteto določimo s titracijo s standardno kislino. Rezultat alkalinitete izražamo kot kalcijev karbonat, torej mg/l kot CaCO₃. Zaradi praktičnih razlogov lahko alkaliniteto izražamo v molih na liter, kot na primer.:

$$\text{Alkaliniteta} = [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] - [\text{H}^+]; \text{ eq/m}^3 = \text{ meq/L}$$

V praksi se izraža alkaliniteta v kalcijevem karbonatu. Za pretvorbo iz meq/L v mg/l CaCO₃ je pomembno:

$$\text{Mili ekvivalent mase CaCO}_3 = \frac{100 \text{ mg/mmol}}{2 \text{ meq/mol}} = 50 \text{ mg/meq}$$

5.2.4 Dušikove spojine

Ko govorimo o dušikovitih spojinah, sta bistvena elementa dušik in fosfor, ki sta pogoj za rast mikroorganizmov, rastlin in živali ter ju imenujemo hraniva (nutrienti) ali biostimulatorji. Seveda pa so poleg dušika in fosforja pomembni tudi elementi v sledovih, kot so železo, žveplo, kalij, magnezij, kalcij, natrij, klor in minerali v izredno majhnih količinah, kot so cink, mangan, molibden, selen, kobalt, baker in nikelj. Ker je dušik eden izmed osnovnih gradnikov beljakovin, je tudi nujno potreben pri biološkem čiščenju.

Dejanski vir dušikovitih spojin so dušikove spojine, ki nastajajo v rastlinah in živalih, natrijev nitrat in atmosferski dušik.

Dušik najdemo v različnih oksidacijskih stanjih. Oksidacijska stanja pa lahko dušik spreminjajo tudi s pomočjo živih organizmov.

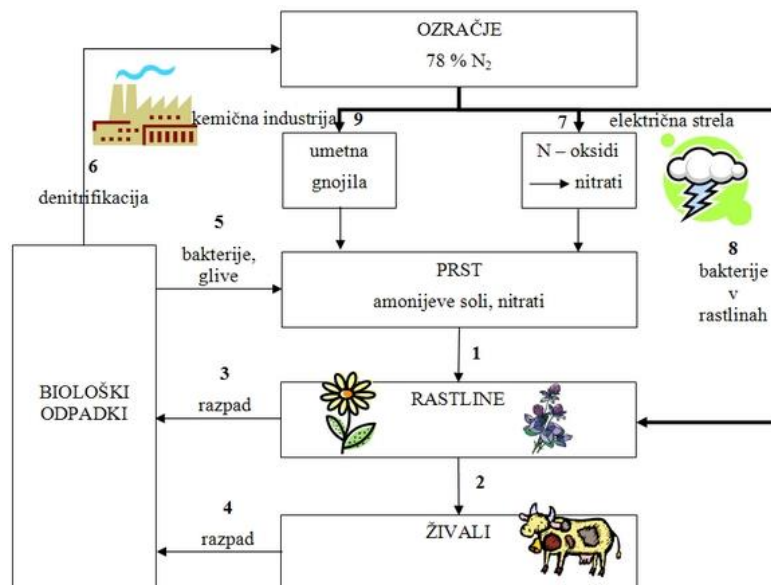
Preglednica 1: Oksidacijska stanja dušika

Valenca	-III	0	I	II	III	IV	V
Spojina	NH ₃	N ₂	N ₂ O	NO	N ₂ O ₃	NO ₂	N ₂ O ₅

Vir: Roš in Zupančič, 2010

Najbolj splošne in najpomembnejše oblike dušika v odpadnih vodah so: Amonijak (NH₃, valenca: -III), amonij (NH₄⁺, valenca: -III), dušikov plin (N₂, valenca: 0), nitritni ion (NO₂⁻, valenca: +III) in nitratni ion (NO₃⁻, valenca: +V). V večini organskih spojin je oksidacijsko stanje dušika (oziroma valenca) -III.

Dušik neprestano kroži med zrakom, prstjo, rastlinami in živalmi. To kroženje imenujemo kroženje dušika ali dušikov cikel, ki poteka v naravi in je prikazan na naslednji Sliki 9.



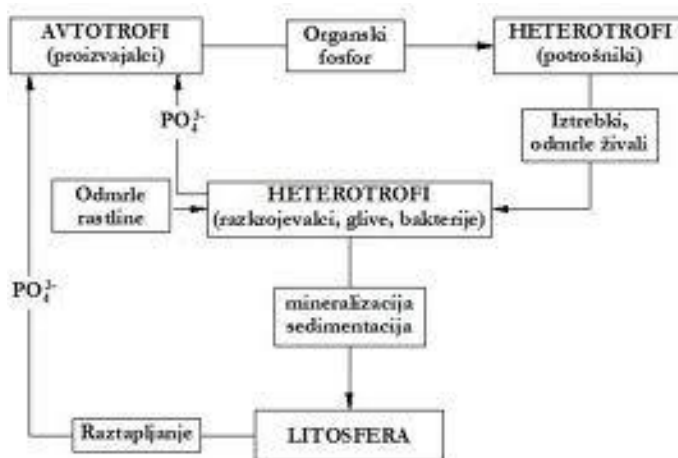
Slika 9: Dušikov cikel (Vir: Medmrežje 4, 2013)

5.2.5 Fosfor

Ker fosfor pospešuje fotosintezo, je bistveni element za rast alg in ostalih organizmov. Če rastlini primanjkuje fosforja, je njena rast upočasnjena in so plodovi manjši. Zaradi čezmerne rasti alg v površinskih vodah (eutrofikacija) je treba v njih nadzorovati količino fosforja. Komunalne odpadne vode vsebujejo med 4 in 16 mg/l fosforja.

Fosfor najdemo v naravi v različnih oblikah, kot so organsko vezani fosfor, polifosfati in ortofosfati (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , H_3PO_4). Za biološko rast so primerni le ortofosfati, polifosfati pa se morajo pred uporabo hidrolizirati.

Ker tudi fosfor v naravi kroži, ga ponazarja fosforjev cikel na naslednji Sliki 10.

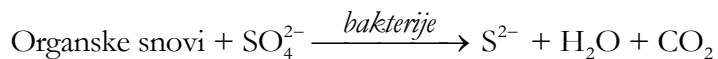


Slika 10: Fosforjev cikel (Vir: Roš in Zupančič, 2010)

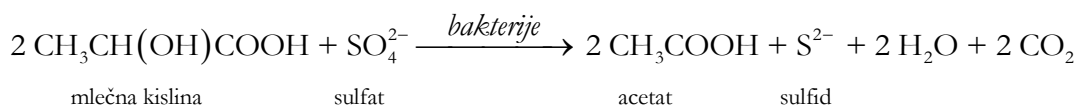
5.2.6 Žveplo

Žveplo je potrebno za sintezo proteinov in se sprošča pri njihovi razgradnji. Sulfatni ion se pojavlja v večini vodovodov, prisoten pa je tudi v odpadnih vodah. Sulfat se biološko reducira pri anaerobnih pogojih v sulfid, ki ob prisotnosti vodika tvori strupeni vodikov sulfid (H_2S).

Značilne so naslednje reakcije:

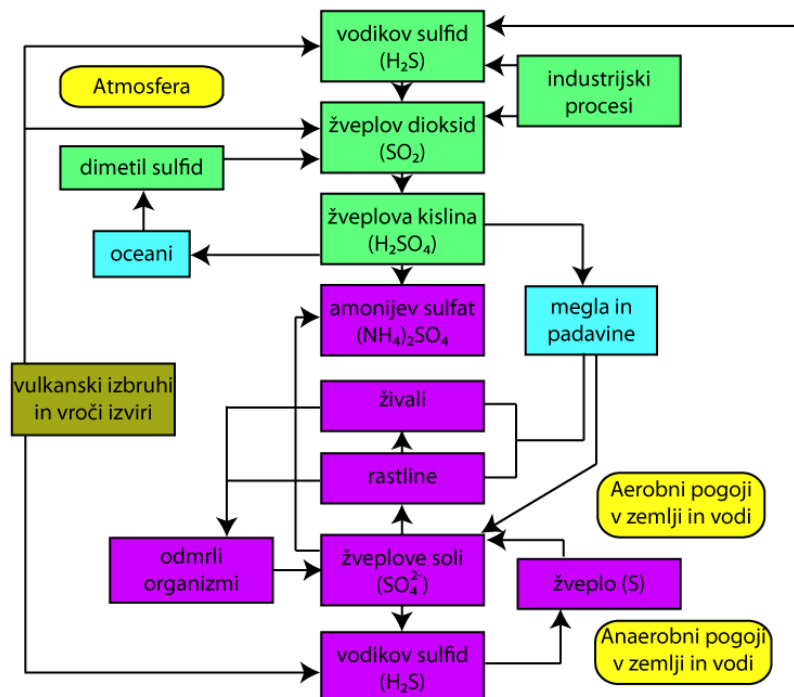


Če se mlečna kislina uporablja kot predstavnik organske spojine, se pojavi pri redukciji sulfata sulfid, kot je prikazano v naslednji enačbi:



Plin vodikov sulfid (H_2S), ki z odpadno vodo difundira v kanalizacijski sistem, se nabira na površinah kanalov. Akumuliran vodikov sulfid (H_2S) se lahko biološko oksidira v žveplovo (VI) kislino, ki je za kanalizacijski sistem korozivna.

Ker tudi žveplo kroži v naravi, ga ponazarja žveplov cikel na naslednji sliki (Slika11).



Slika 11: Žveplov cikel (Vir: Medmrežje 5, 2013)

5.2.7 Plini

Neobdelana oziroma surova odpadna voda vsebuje pline, kot so dušik (N₂), kisik (O₂), ogljikov dioksid (CO₂), vodikov sulfid (H₂S), amonijak (NH₃) in metan (CH₄). Dušik, kisik in ogljikov dioksid izvirajo iz atmosfere in jih najdemo v vseh vodah, ki so izpostavljene zraku. Medtem, ko vodikov sulfid, amonijak in metan izvirajo iz razgradnje organskih snovi, prisotne v odpadnih vodah, in jih je treba upoštevati zaradi varnosti za zdravje. Pri obdelavi odpadne vode moramo biti pozorni tudi na klor (Cl₂) in ozon (O₃), ki ju uporabljamo pri dezinfekciji.

5.2.8 Vonj

Povzročitelji vonja v komunalni odpadni vodi so plini, ki nastajajo pri razgradnji organskih snovi, prisotnih v odpadni vodi. Sveža odpadna voda ima značilen neprijeten vonj, ki je manj neprijeten od vonja odpadne vode, katera je bila izpostavljena anaerobnim pogojem. Najbolj značilen vonj sečnine in zagnite (septične) odpadne vode je vodikov sulfid. Industrijske odpadne vode lahko vsebujejo ostale neprijetne (smrdeče) snovi ali snovi, ki proizvajajo vonjave med procesom čiščenja odpadne vode.

5.2.9 Kovinske sestavine

V vodah najdemo pomembne sledove mnogih kovin, kot so kadmij (Cd), krom (Cr), baker (Cu), železo (Fe), svinec (Pb), mangan (Mn), živo srebro (Hg), nikelj (Ni) in cink (Zn). Nekatere od teh kovin so razvrščene tudi kot prioriteta onesnaževala voda. Večina teh kovin pa je potrebna za rast biološkega življenja in odsotnost zadostnih količin lahko omeji na primer rast alg. Čezmerne količine sledov kovin pa lahko na žive organizme vplivajo negativno.

5.2.10 Organske sestavine

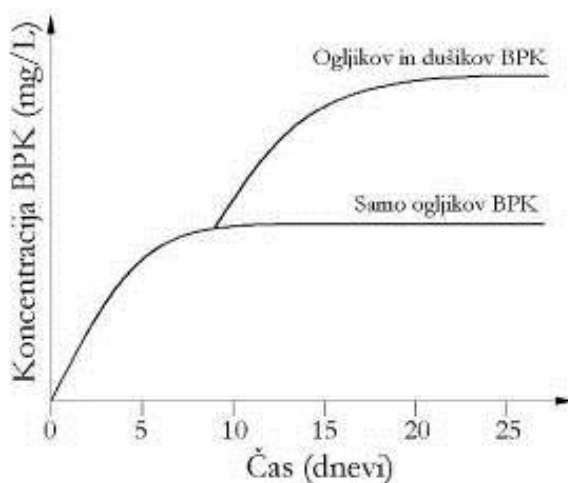
Organske sestavine so sestavljene iz kombinacije ogljika, vodika in kisika, v nekaterih primerih skupaj z dušikom. Organske spojine v odpadni vodi običajno vsebujejo proteine (od 40 do 60 %), ogljikove hidrate (od 25 do 50 %) ter olja in maščobe (od 8 do 12 %). Sečnina, ki je glavna sestavina urina, je naslednja pomembna organska spojina, ki prihaja v svežo vodo. Zaradi hitre razgradnje jo najdemo redko, razen v sveže onesnaženi vodi. Poleg proteinov, ogljikovodikov, maščob in olj ter sečnine vsebuje odpadna voda manjše količine velikega števila sintetičnih organskih molekul, od enostavnih struktur do zelo kompleksnih.

Na splošno jih lahko razporedimo v tiste, ki merijo skupne organske snovi, ki vsebujejo vrsto organskih sestavin s podobnimi lastnostmi, katerih ne moremo označiti ločeno, in tiste analize, ki kvantificirajo posamezne organske spojine.

5.2.11 Biokemijska potreba po kisiku – BPK

Biokemijska potreba po kisiku je količina kisika, ki ga pri procesu razkroja porabijo mikroorganizmi. Poraba kisika je odvisna od količine in koncentracije organskih snovi, od števila in aktivnosti mikroorganizmov, temperature, turbulence itd. Zato je treba za potrebe primerjanja rezultatov analize standardizirati pogoje določanja. Analizo izvajamo pri temperaturi 20 °C. Običajno določamo biokemijsko potrebo kisika po petih dneh.

Pri zadostni količini kisika v vodi proces poteka v dveh stopnjah. V prvi stopnji se razkrajajo predvsem ogljikove spojine, v drugi pa dušikove spojine. Proces razgradnje ogljikovih spojin se prične takoj in se zaključi po približno dvajsetih dneh, medtem ko se razgradnja dušikovih spojin prične nekje po desetih dneh in traja dalj časa. Pri slednjem procesu se amonijak in organski dušik spremenita v nitrite in nitrate.



Slika 12: BPK Krivulja (Vir: Roš in Zupančič, 2010)

Za določanje biokemijske potrebe po kisiku se poslužujemo razredčevalne metode, kjer vzorec odpadne vode razredčimo. S tem povečamo razredčevalno napako in ustvarimo drugačne pogoje od naravnih. Biokemijsko potrebo po kisiku določamo na osnovi zmanjšanja koncentracije kisika po preteku dogovorjene dobe. Predvsem je pomembno, da kisik ni porabljen pred iztekom te dobe. Biokemijsko potrebo po kisiku lahko spremljamo tudi tekoče, in sicer na osnovi padca zračnega tlaka v posodi, v kateri je vzorec. Padec tlaka je proporcionalen porabi kisika.

Razredčevalna metoda spada v skupino aparaturnih metod. Prednost teh metod je, da je s pomočjo grafa mogoče prikazati biološki proces razgradnje v odvisnosti od časa in ker so pogoji, pri katerih poteka razgradnja, mnogo bliže naravnim. Standardizirana razredčevalna metoda je uporabna predvsem za rečne in komunalne odpadne vode. Če jo želimo uporabljati za industrijske odpadne vode, jo je potrebno modificirati. Slabost te metode je, da ni možno kontinuirano spremljati biološke razgradnje. Zaradi omenjenih napak to metodo uporabljamo v kombinaciji z drugimi metodami, predvsem z Warburgovo, Sapro-matno in Baromatno metodo.

5.2.12 Kemijska potreba po kisiku – KPK

Kemijska potreba po kisiku je množina kisika, ekvivalenta množini kalijevega dikromata, ki je potrebna za kemijsko oksidacijo organskih snovi, prisotnih v odpadni vodi. Je torej parameter, s pomočjo katerega posredno sklepamo o onesnaženju odpadnih voda z organskimi snovmi.

Določanje kemijske potrebe po kisiku zagotovi hitro oceno celotne organske snovi v vzorcu vode (razgradljive in nerazgradljive). Količino kisika, ki je potrebna za oksidacijo organskih spojin, imenujemo kemijska potreba po kisiku in jo označimo s KPK (angl. COD – Chemical Oxygen Demand).

To je pomemben parameter tehnoloških odpadnih voda in industrijskih odplak ter ga lahko določamo z različnimi metodami. Organske nečistoče določamo tako, da jih pri določenih pogojih oksidiramo in iz porabe oksidanta 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 in ne nadomestilo BPK, ki podaja množino porabljenega kisika za razgradnjo organskih snovi pri pogojih, ki so v naravi, torej za biološko razgradnjo organskih snovi. Nujno je zato simultano vrednotenje onesnaženja s KPK in BPK.

Za določanje kemijske potrebe po kisiku se je v preteklosti uporabljalo več oksidantov (KMnO_4 , NaOCl), ki pa se zaradi premajhne in močno variabilne oksidacijske sposobnosti ne uporabljajo več. Danes se največ uporablja kalijev dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). Organske nečistoče določamo s kalijevim dikromatom, kot oksidacijskim sredstvom ob pomoči srebrovega sulfata, kot katalizatorja v močno žveplovo kislem mediju pri $148\text{ }^\circ\text{C} \pm 3\text{ }^\circ\text{C}$. V žveplovi kisli raztopini se s kalijevim dikromatom oksidira večina organskih snovi, in sicer skoraj popolnoma v ogljikov dioksid in vodo. Dobljene vrednosti KPK vrednosti po enačbi so zato zelo blizu teoretični vrednosti potrebnega kisika.

5.2.13 Organski ogljik in dušik

Prav tako pomembna kot določanje BPK in KPK je analiza, pri kateri določamo organsko vezani ogljik in dušik. V splošnem ločimo dve skupini določanja organsko vezanega ogljika. Prva metoda je tako imenovana suha metoda, pri kateri vzorec uparimo in sežgemo s kisikom, druga metoda pa je tako imenovana mokra metoda, pri kateri organski ogljik oksidiramo v raztopini. Poleg teh dveh metod za določevanje organskega ogljika poznamo še druge metode, in sicer gravimetrija, turbidimetrija, konduktometrija, acidimetrija itd. Pred določanjem organsko vezanega ogljika moramo vzorec očistiti od anorgansko vezanega ogljika. Dušik lahko v odpadni vodi najdemo v obliki organskega dušika, amonijaka, nitrita in nitrata. Glede na obliko, v kateri se nahaja dušik, lahko določimo stanje odpadne vode. Nitriti in nitrati nastajajo pri aerobnem razkroju organskega dušika in amonijaka.

5.3 Bakteriološki parametri

Bakteriološka onesnaženost nam nakazuje na onesnaženje z odpadno vodo. Ugotavljamo jo tako, da določamo število klic in z določanjem koliformnih bakterij. Pri določanju števila klic uporabljamo razredčevalno metodo ali metodo membranske filtracije. Pri razredčevalni metodi izračunamo, na podlagi poraslosti gojišča z bakterijskimi kolonijami, število živih bakterij v določeni količini vode. Pri membranski metodi pa vzorec, ki ga preiskujemo, precedimo skozi membrano, nato membrano položimo na gojišče za 16–24 ur pri 37 °C, po preteku potrebnega časa pa preštejemo število kolonij. Število koliformnih bakterij izrazimo z najverjetnejšim številom (MPN), kar naj predstavlja število koliformnih bakterij v 100 ml ali 1 l odpadne vode. Možen je tudi prikaz števila koliformnih bakterij z najmanjšo količino vode, v kateri je vsaj ena bakterija. Število koliformnih bakterij je prav tako možno določiti z membransko metodo tako, da membrano položimo na specifično selektivno gojišče, kjer bakterije zrastejo v značilni obliki in barvi, nato pa te bakterije preštejemo in jih izrazimo v količini na 100 ml ali 1 l vzorca.

5.4 Biološki parametri

V osnovi ločimo dve metodi določanja biološke onesnaženosti, in sicer ekološko in fiziološko metodo. Na osnovi reakcije organizma določamo stopnjo ogroženosti. Z ekološko metodo ugotavljamo spremembe v strukturi življenjske združbe nad izvorom in pod izvorom odpadne vode v odvodnik. Metoda deluje na principu reakcije življenjske združbe na zmanjševanje vsebnosti raztopljenega kisika in na vsebnost razkrojnih produktov. Stopnja onesnaženosti je večja pri nižji vsebnosti raztopljenega kisika in večji koncentraciji razkrojnih produktov. Določeni indikator onesnaženja v saprobnem sistemu imajo tudi določeni organizmi, ki so pri določeni stopnji onesnaženja najbolj številni. Pri saprobnem sistemu poznamo štiri stopnje onesnaženja s tremi vmesnimi stopnjami, ki jih opišemo z imeni ali številkami.

Pri fiziološki metodi onesnaženost odpadne vode določamo s testnimi organizmi v laboratoriju. Dobra stran te metode je, da so rezultati bolj eksaktni kot pri ekološki metodi, medtem ko je slaba stran fiziološke metode, da poizkusi ne tečejo v naravnih razmerah. Poznanih je več postopkov določanja onesnaženosti odpadnih voda s fiziološko metodo, in sicer določanje BPK, uporaba testnih organizmov v laboratoriju itd. Pri prvi metodi s pomočjo BPK merimo dejavnost razgrajevalcev in jo izražamo z množino porabljenega kisika v določenem času. Pri drugem postopku pa s testnimi organizmi v laboratoriju pri kontroliranih pogojih določamo onesnaženost vode tako, da damo enkrat v vzorec organizme, ki so sposobni razgraditi zgnitja sposobne snovi (bakterije), drugič pa organizme, ki se asimilirajo (alge). Če zasledimo povečano število organizmov v določenem času, lahko sklepamo na onesnaženost vode. Pri tem postopku dobimo sliko, koliko zgnitja sposobnih snovi vsebuje odpadna voda (bakterije) in kolikšna je vsebnost anorganskih soli (alge).

6 VZORČENJE ODPADNIH VODA

Predpisa, ki obravnavata vzorčenje odpadnih voda, sta: Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo (Uradni list RS št. 47/05, 45/07) in Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih vod ter o pogojih za njegovo izvajanje (Uradni list RS št. 74/07).

Vzorec odpadne vode je del toka odpadne vode, ki se odvzame na določenem merilnem mestu, v določenem časovnem obdobju, na določen način in je namenjen analizi odpadne vode (Roš in Zupanič 2010, str. 55).

Za pravilnost analize odpadne vode moramo zajeti vzorec, ki predstavlja kakovostno povprečje vode, ki jo nameravamo analizirati. Način odvzema vzorcev je za analizo pomembna komponenta in lahko močno vpliva na rezultat. Zelo pomembna pa sta izbor vzorčevalnega mesta in tehnika vzorčenja, ker je vzorec le majhen del celotnega toka odpadne vode.

Vzorčimo lahko ročno ali avtomatsko. Pri ročnem vzorčenju zajamemo trenutni vzorec. To je vzorec, ki predstavlja kakovostno stanje vode v določenem času. Zaradi tega moramo pri podajanju rezultatov analize podati tudi čas zajetja vzorca.

Osnovni namen vzorčenja in analiziranja voda je:

- ugotavljanje kakovosti vode (površinske, pitne, odpadne),
- zagotavljanje primernosti vode (pitne, za druge namene, na primer v kmetijstvu ali industriji) in
- ugotavljanje učinkovitosti sistema čiščenja odpadnih voda.

6.1 Načini vzorčenja in vrste vzorcev

Sam namen in izvedba učinkovitega programa vzorčenja zahtevata upoštevanje specifičnih razlogov za vzorčenje oziroma način, kako se bodo vzorci odzemale, vzorčevalno mesto, analize, ki jih bomo izvedli v vzorcu, ter posebne metode zbiranja in konzerviranja vzorca. Učinkovit program vzorčenja je temelj za dober nadzor procesa in nadzor programa (ISO 5667-10, 1996).

Čas od odvzema vzorca do analize mora biti čim krajši. Priporoča se analiza takoj po odvzemu, v skrajnem primeru najkasneje po 24 urah. Idealno bi bilo, da bi analizo izvedli na kraju samem, kar pa povečini ni izvedljivo.

Da čim bolj zavremo razkroj, hranimo vzorce v hladilniku, prevažamo pa jih v hladilnih torbah.

Kot sem že omenil, lahko vzorce zbiramo ročno ali avtomatsko, z enkratnim odvzemom, združujemo lahko enkratne vzorce iz posameznih vzorcev. Nekatere analize in meritve pa lahko izvajamo kontinuirano (pH, prevodnost ali temperaturo).

Povzeto po Pravilniku o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih vod ter o pogojih za njegovo izvajanje, str. 2989.

6.1.1 Naključni (trenutni) vzorec

Pri naključnem vzorcu gre za diskretni vzorec, katerega pobere ročno. Uporabljamo ga, če želimo dobiti hitro informacijo o procesnem toku. Zato lahko rečemo, da naključni vzorci služijo za določanje različnih vodnih tokov v nekem časovnem obdobju. Primerni so za takojšnje analize nestabilnih parametrov, kot so na primer pH, raztopljeni kisik, topni sulfid, Cr(VI), preostali klor, temperatura ali indikator bakterij.

Naključni vzorec je treba prenesti hitro in ob stalnem mešanju najprej iz kanala v merilno napravo (na primer v merilni valj) in nato v posodo za zbiranje sestavljenega vzorca; tak postopek prepreči usedanje in zmanjša napako vzorčenja na minimum.

6.1.2 Sestavljeni (kompozitni) vzorec

Sestavljeni vzorec je enoviti vzorec, pripravljen s sestavljanjem ali mešanjem števila naključnih vzorcev za posebno (specifično) obdobje, običajno za 24 ur. Sestavljeni vzorec, pripravljen ročno ali z opremo za avtomatsko vzorčenje, zagotovi informacijo o povprečnih lastnostih vzorca za posebno obdobje. Vključuje dve vrsti vzorcev – časovno sorazmerne vzorce in pretočno sorazmerne vzorce.

6.1.3 Časovno sorazmerni vzorec

Za pripravo časovno sorazmernega vzorca moramo zbirati enake volumne vzorca v enakem časovnem obdobju in jih sestavljati. Takšen vzorec je primeren za procesne tokove, ki niso močno odvisni od pretoka, kot na primer vsebina aktivnega blata iz prezračevalnika. Časovno sorazmerne vzorce lahko zbiramo ročno ali avtomatično. Celotni volumen sestavljenega vzorca je odvisen od števila in vrste analiz, ki jih želimo izvesti. Za 24-urni sestavljeni vzorec lahko izračunamo pogostost vzorčenja in volumen vsakega naključnega vzorca po spodaj navedeni formuli:

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

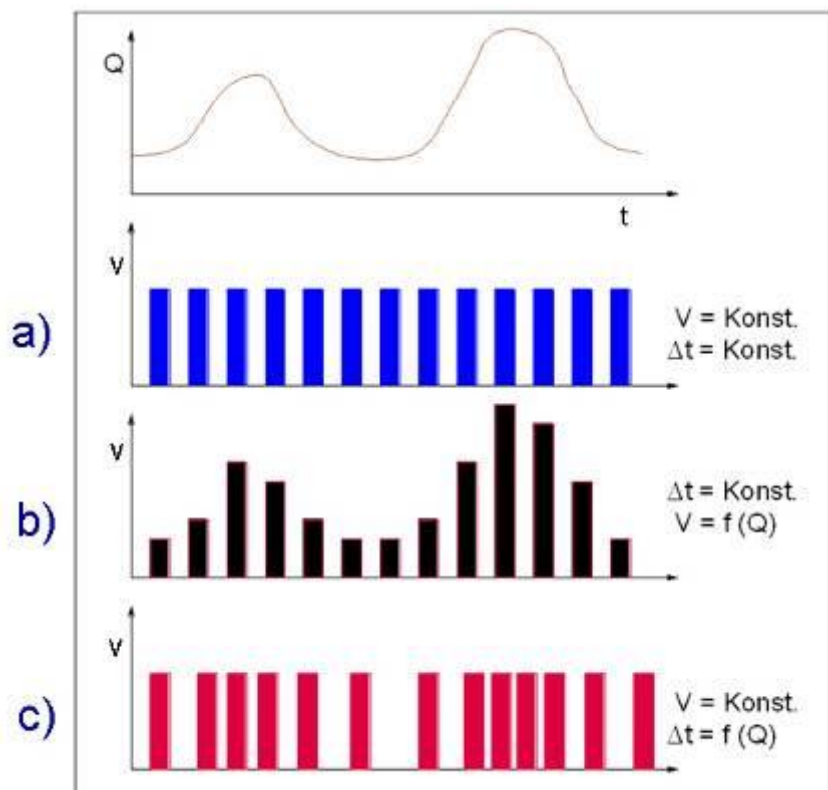
volumen vsakega vzorca = volumen sestavljenega vzorca/število naključnih vzorcev

6.1.4 Pretočno sorazmerni vzorec

Pretočno sorazmerni vzorec zahteva ali različne volumne naključnih vzorcev ali pogostosti vzorčenja, da uravnotežimo končni vzorec v pretočno sorazmerni vzorec, glede na pretok, ki ga merimo med vzorčenjem. Takšni pretočno sorazmerni vzorci vsebujejo odpadno vodo, ki je enakovredna sestavi realne odpadne vode, ki je tekla med vzorčenjem. Pretočno sorazmerni vzorec zahteva točno merjenje pretoka v procesnem toku, kjer se vzorči (Roš, 2001).

Avtomatski vzorčevalnik nam omogoča časovno in pretočno proporcionalno zajemanje vzorca v pravih razmikih prek celotnega izbranega časa vzorčenja, zato avtomatski vzorčevalniki zmanjšajo verjetnost manjkajočih kratkotrajnih sprememb v procesnem toku, ki jih ne moremo zajeti ročno.

Najpogosteje je ta čas 24 ur, saj se kakovost vzorca spreminja prek posameznega dne zaradi delovnega procesa, ponavlja pa se običajno vsak delovni dan. Zato je kakovost povprečnih 24-urnih vzorcev primerljiva med seboj.



Slika 13: Časovno in pretočno proporcionalno vzorčenje (Vir: Roš in Zupančič, 2010)

6.2 Napake pri vzorčenju odpadnih voda

V izogib napakam pred samim vzorčenjem se moramo seznaniti s kanalizacijskim omrežjem, na katerem vzorčimo (mestno ali tovarniško), ogledati si moramo odvzemno mesto in se seznaniti z nastankom odpadnih voda (naselje, tehnologija). Šele nato lahko začnemo postopek vzorčenja odpadnih voda.

Napake pri vzorčenju lahko močno vplivajo na končni rezultat analiz oziroma meritev, ki jih opravimo v vzorcih. Take napake lahko naredimo zaradi nepravilnega načina vzorčenja, pri katerem Q ni konstanten, napačno izbranega odvzemnega mesta (kanalizacijski sistem, več izpustov), skladiščenja in konzerviranja vzorcev (KPK, BPK₅, biorazgradljivosti) ter analize plinov in komponent, ki hitro razpadajo (O₂, H₂S itd.).

7 UKREPI ZA ZMANJŠEVANJE KOLIČIN PADAVINSKE ODPADNE VODE

Povzeto po programu odvajanja in čiščenja komunalne odpadne in padavinske vode, KP Velenje, 2012.

Javno kanalizacijsko omrežje v upravljanju KPV je v pretežni meri mešanega značaja. Kljub temu se v sklopu obnov kanalizacijskega omrežja teži k temu, da se pri vseh obnovah, ki se izvajajo, poskuša optimalno zagotoviti odvajanje komunalne odpadne in padavinske vode. Kjer je to možno, se padavinska voda s streh, zelenic in ostalih zasebnih površin odvaja neposredno v bližnji vodotok ali jarek oziroma se v manj urbaniziranih območjih odvaja razpršeno po naravnih odvodnikih.

Padavinska voda s cest in ostalih javnih površin se prek rešetk in peskolovov odvaja v javno kanalizacijo, od koder se prek glavnega kolektorskega kanala odvaja na CČN Šoštanj.

Padavinska voda v primerjavi s podatki iz obračunske evidence in dejanskimi podatki iz evidence Centralne čistilne naprave Šoštanj za posamezne čistilne naprave v upravljanju KPV predstavlja tudi do dvakratno količino odpadne fekalne vode, zato se tem ukrepom v KPV posveča velika pozornost. Pri izgradnjah novih vej kanalizacijskega omrežja na manj urbaniziranem prostoru izven naselij mestnega značaja se strogo teži k popolni tesnosti kanalov in jaškov pred prevzemom v upravljanje, na kritičnih mestih, kjer se pričakuje večji vdor padavinske vode v jašek, pa se vgrajujejo pokrovi brez zračnih lukenj in s tesnili.

Podobni ukrepi se izvajajo tudi na že obstoječi kanalizaciji in starih pokrovi jaškov, kjer se pri pregledih omrežja ugotavlja večji vdor padavinske vode v kanal. Na teh mestih se po navadi zamenja pokrove s pokrovi brez zračnih lukenj ali pa se te luknje zapolni s posebno hitrovezno betonsko malto, kar nato preprečuje neposredni vtok vode v jašek.

Kot je bilo že omenjeno, je javni kanalizacijski sistem Velenje–Šoštanj mešanega značaja, zaradi česar je na sistemu zgrajeno večje število razbremenilnih objektov (35 objektov). Le-ti so zgrajeni na osnovi veljavnih predpisov v preteklosti, tako da ne zadoščajo sodobnim zahtevam EU, ki se nanašajo na varovanje odvodnikov glede prelivanja vode iz kanalizacijskih sistemov (ATV-A 128, 1992).

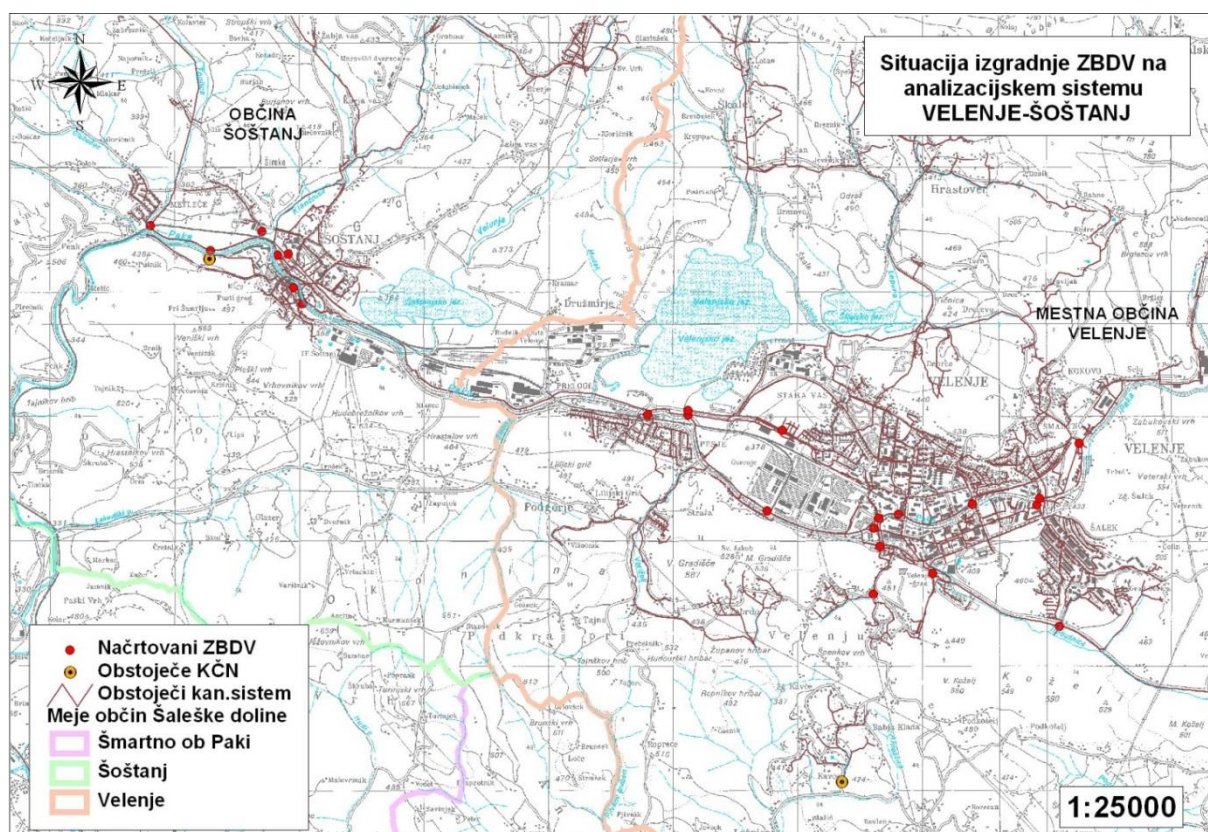
Posledično prihaja ob prelivanju vode do prekomernega onesnaževanja edinega odvodnika v dolini s tako imenovanim prvim čistilnim valom, kasneje pa se na CČN odvaja razredčena odpadna voda, ki zmanjšuje učinke čiščenja. Poleg tega neizravnavanje količin na CČN dovedene vode povzroča hidravlično neenakomerno obremenitev CČN.

Ustrezne zadrževalno-razbremenilne objekte na mešanem kanalizacijskem sistemu zahteva tudi veljavna zakonodaja, in sicer Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav (Uradni list RS št. 45/2007), ki v 8. členu izrecno zahteva izgradnjo objektov zadrževanja prvega naliva padavinske vode (prvi čistilni val).

V sklopu prioritarnih naložb v bližnji prihodnosti zato načrtujemo izgradnjo potrebnega števila ZBDV (zadrževalni bazeni deževnih voda). V KPV smo v preteklem obdobju že pridobili preliminarno študijo kanalizacije Velenje–Šoštanj, v kateri se je definiralo potrebno število ZBDV, ki bi jih na obstoječem mešanem kanalizacijskem sistemu Velenje–Šoštanj morali zgraditi. Dimenzioniranje potrebnega števila in potrebnih volumnov ZBDV se je izvedlo na osnovi izdelanega hidravličnega modela po dinamični metodi EPA z modelom SWMM (Storm Water management Model).

Upoštevale so se najstrožje zahteve standarda ATV-A 128 glede onesnaženja prelite vode, ki namesto količinske obremenitve odvodnika upoštevajo minimalne masne obremenitve (90 mg/l KPK). Študija je pokazala, da bi morali na sistemu zgraditi 23 ZBDV s skupnim volumnom ca. 5.000 m³.

Na naslednji Sliki 14 vidimo lokacijsko opredelitev 23 ZBDV na kanalizacijskem sistemu Velenje–Šoštanj.



Slika 14: Situacija predvidene izgradnje zadrževalnih bazenov deževnih voda – ZBDV (Vir: Dokumenti KPV, 2010)

Ocenjena vrednost izgradnje 23 ZBDV znaša 7.000.000 €. Strošek izgradnje ZBDV je velik tudi zaradi dejstva, da bo treba te objekte zgraditi v urbanem območju mest Velenja in Šoštanja in da bo s tem strošek umestitve teh objektov in ureditev javnih površin nad objekti zelo visok. Projekt izgradnje ZBDV je bil vključen v vlogo za pridobitev nepovratnih sredstev kohezije, vendar smo morali na zahtevo MOP v preteklem letu ta projekt žal izločiti iz vloge, kljub argumentiranim in računsko podprtimi dokazom o potrebi in upravičenosti izgradnje teh objektov v okviru kohezije.

V iskanju cenovno ugodnejših različic reševanja te problematike in preučitvi primerov dobrih praks v tujini ugotavljamo, da bi bilo možno optimirati število in velikost ZBDV. Po izkušnjah podobno velikih mest v Nemčiji je namreč mogoče s celovitim pristopom v obliki izdelave Generalnega načrta odvodnjavanja obeh mest bistveno zmanjšati stroške izgradnje ZBDV ter kasnejše stroške upravljanja in vzdrževanja.

Izdelani generalni načrt odvodnjavanja mest Velenja in Šoštanja namreč poleg izvajanja hidravličnega modeliranja z upoštevanjem zaježitvene možnosti obstoječega kanalizacijskega sistema predvideva tudi celovito analizo prispevnega območja z optimizacijo obstoječega sistema kanalizacije (z maksimalno izločitvijo tujih in deževnih voda v sistemu, preprečevanju dežnega odtoka v kanalizacijo ...). Vrednost izdelave takšnega generalnega načrta odvodnjavanja Šaleške doline je ocenjena na 350.000 €, vendar bi bil po izkušnjah končni prihranek finančnih sredstev za izgradnjo tako optimiranega sistema odvodnjavanja obeh mest bistveno višji.

8 METODE DELA

Na razbremenilniku odpadnih voda »Dijaški dom« sem izvajal meritve komunalne odpadne vode po principu trenutnega vzorčenja z namenom zajeti prvi čistilni val, da bi ugotovil, ali parametri prelite vode presegajo dovoljene mejne vrednosti za izpust v vode. Meritve so bile narejene v času močnega deževja (nalivov).

Opis pripomočkov

Uporabil sem plastenko, zajemalo za odpadno vodo s podaljškom, termometer za meritev odpadne vode, Oksimeter za določanje raztopljenega kisika, štoparico in obrazec za vzorčenje na terenu.



Slika 15: Zajemalo za odpadno vodo s podaljškom (Vir: Avtor, 2013)

Postopek

Pred samim vzorčenjem je bilo treba najprej spremljati vreme, da sem vedel, kdaj bo potreben odhod na teren oziroma na razbremenilnik odpadnih voda Dijaški dom. Nato je bilo treba pripraviti vse zgoraj opisane pripomočke za vzorčenje odpadne vode na terenu. Če sem se nahajal v Velenju, sem se takoj, ko je začelo deževati, odpravil k razbremenilniku odpadnih voda in počakal, da se je razbremenilnik napolnil do te mere, da je začel prelivati. Kljub številnim poskusom ni bilo možno s trenutnim vzorčenjem ujeti tisti pravi prvi čistilni val komunalne odpadne vode. V primeru, da sem se nahajal doma v Mozirju, pa sem se na teren odpravil pred dežjem. Nato sem vzel zajemalo za odpadno vodo s podaljškom in plastenko ter jo napolnil. Nemudoma sem izmeril temperaturo odpadne vode in vse rezultate zapisal v obrazec za vzorčenje odpadne vode na terenu (datum, ura, odjemno mesto, temperatura, vreme).

Kot sem že omenil, je treba rezultate meritev vpisati v obrazec za vzorčenje na terenu. Na mestu odvzema je treba odvzete vzorce preliti v označene plastenke.

Obrazec za vzorčenje na terenu zajema naslednje podatke:

- oznako plastenke,
- datum vzorčenja,
- čas vzorčenja,
- vreme,
- rezultate meritev na terenu in
- podpis vzorčevalca.

Zaradi lastnosti vzorca in parametrov, ki se bodo analizirali, je treba vzorce v čim krajšem možnem času dostaviti v Tehnološki laboratorij službe KBT na CČN.

Pri sami oddaji vzorcev v tehnološki laboratorij službe KBT na CČN je treba vzorec vpisati v mapo za sprejem vzorcev, kjer dobi vzorec svojo identifikacijsko številko. Nato se v obrazcu za sprejem vzorcev označijo parametri, ki naj se analizirajo (elektroprevodnost, pH, obarvanost, neraztopljenе snovi, ujedljive snovi po dveh urah, amonijev dušik, celotni fosfor, KPK IN BPK₅).

MERILNA OPREMA IN PRIBOR

Za vzorčenje in meritve odpadne komunalne odpadne vode sem uporabljal merilno opremo na terenu in v laboratoriju.

Na terenu sem izvajal meritve s sledečo opremo: platenko, zajemalom za odpadno vodo s podaljškom, termometrom za meritve temperature odpadne vode, Oksimeter za določanje raztopljenega kisika, obrazec za vzorčenje na terenu in zaščitno opremo.

Uporaba in namen opreme:

Platenka se uporablja za prenos komunalne odpadne vode na nadaljnje vzorčenje v laboratorij.

Zajemalo za odpadno vodo s podaljškom se uporablja pri samem zajemu komunalne odpadne vode in nalivanju iz zajemala v platenko za prenos odpadne vode v laboratorij.

Termometer se uporablja za merjenje trenutne temperature odpadne vode na terenu pri trenutnem vzorčenju odpadnih voda.

Oksimeter se uporablja za določanje raztopljenega kisika.

Obrazec za vzorčenje na terenu se uporablja za vpis podatkov na mestu odvzema, kot so: oznaka plastenke, datum vzorčenja, čas vzorčenja, vreme, rezultati meritev na terenu in podpis vzorčevalca.

Kot **zaščitno opremo** sem uporabil očala, rokavice, škornje, dežni plašč in zaščitno obleko.

8.1 Opis meritev

Merjenje temperature

Meritev temperature se izvaja po analizni metodi: DIN 38 404 Teil 4.

Originalna navodila: Physikalische und physikalisch-chemische Kenngrößen (Gruppe C) Teil 4: Bestimmung der Temperatur (C4) – Verfahren C4-1 DIN 38 404.

Območje določitve: Meritve v vodi: od -30 °C do +150 °C.

Tehnike konzerviranja ni. Temperaturo je treba izmeriti takoj ob vzorčenju.

Uporabljena oprema: Termometer Checktemp 1 HANNA.



Slika 16: Termometer (Vir: Avtor, 2013)

Opis izvedbe analize:

Termometer potopimo direktno v vodo do dveh tretjin sensorja. Pri meritvi temperature odpadne vode potopimo termometer v posodo in izmerimo temperaturo.

Pri vseh meritvah temperature odčitamo vrednost šele takrat, ko se vrednost ne spreminja več. Med meritvijo morajo biti izključeni vsi vplivi, ki lahko vplivajo na meritev temperature (na primer direktna sončna svetloba, sneženje).

Izračun: Vrednost meritve temperature vode se zaokroži na 0,1 °C.

Primer: temperatura vode: 14,7 °C.

8.2 Določanje koncentracije raztopljenega kisika

Določanje koncentracije raztopljenega kisika se izvaja po analizni metodi: SIST EN 25814 (1996).

Originalna navodila: Water quality – Determination of dissolved oxygen – Electrochemical probe method (ISO 5814:1990). Za samo izvedbo meritve z opremo WTW Oxi 340-A pa se uporablja originalna navodila proizvajalca WTW.

Območje določitve: Območje meritve od 0 do 19,99 mg/l O₂.

Tehnika konzerviranja: Analizo je treba izvesti takoj na terenu, ker se kisik med transportom že lahko spremeni.

Uporabljena oprema: Oksimeter WTW Oxi 340A.



Slika 17: Oksimeter (Vir: Avtor, 2013)

Opis izvedbe meritve

Pred samo meritvijo preverimo status elektrode glede kalibracije. Status elektrode ne sme biti utripajoč. Če je status utripajoč, izvedemo kalibracijo elektrode po originalnih navodilih WTW. Po kalibraciji mora biti elektroda v statusu, ki kaže najmanj dve črtici na elektrodi. Če elektroda ne ustreza temu statusu, ponovno skalibriramo elektrodo. Takoj po odvzemu vodnega vzorca potopimo kisikovo elektrodo vanj in počakamo nekaj sekund, da se prikazana vrednost umiri. Nato odčitamo vrednost in jo zapišemo.

Po končani meritvi speremo kisikovo elektrodo z deionizirano vodo in jo osušimo z mehkim papirjem. Nato jo spravimo v odprtino za shranjevanje elektrode na gumijastem ročaju.

8.3 Merjenje elektroprevodnosti

Merjenje elektroprevodnosti se izvaja po analizni metodi: SIST EN 27888 (1993).

Originalna navodila: Water quality – determination of electrical conductivity (ISO 7888:1985)-SIST EN 27888 (1993). Navodila proizvajalca WTW.

Območje določitve: Območje določitve elektroprevodnosti vzorca: 0,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ do 500 mS/cm .

Tehnika konzerviranja: Tehnika konzerviranja po SIST EN ISO 5667-3:1994 (Water quality sampling Part 3: Guidance on preservation and handling of samples).

Vzorec je treba hraniti v hladnem (2–5 °C) in temnem prostoru ter analizirati v roku 24 ur ali na terenu.

Uporabljena oprema: Prenosni merilnik elektroprevodnosti WTW LF 340.



Slika 18: Merilnik elektroprevodnosti (Vir: Avtor, 2013)

Opis izvedbe analize

Pri meritvi elektroprevodnosti lahko izberemo avtomatski izbor območja (izbere območje meritve z največjo možno resolucijo) ali ga izberemo ročno s pritiskom na gumb κ (tolikokrat, da se pokaže želeno območje).

Elektrodo potopimo v vzorec in počakamo, da se vrednost ustali. Zaradi temperaturne kompenzacije je izmerjena vrednost podana pri 25 °C, sam merilnik pa nam ob merjeni elektroprevodnosti kaže tudi temperaturo vzorca.

Ob meritvi moramo biti pozorni na status kalibracije. Status elektrode je ustrezen, če je označen s tremi črticami. V nasprotnem primeru je potrebna kalibracija.

8.4 Merjenje pH

Merjenje pH izvajamo po analizni metodi: SIST ISO 10523 (1996).

Uporabljamo originalna navodila: Water quality – Determination of pH. Za samo izvedbo meritve z opremo WTW pH 340/SET pa uporabljamo originalna navodila proizvajalca WTW .

Območje določitve: Območje meritve – od 2,00 do 12,00.

Tehnika konzerviranja: Tehnika konzerviranja po SIST EN ISO 5667-3:1994 (Water quality-sampling Part 3: Guidance on preservation and handling of samples). Transportirati je treba pri nižji temperaturi, kot je bila temperatura vzorca (2–5 °C) – v laboratoriju je treba analizirati v roku šestih ur.

Uporabljena oprema: pH meter WTW pH 340/SET.



Slika 19: pH meter (Vir: Avtor, 2013)

Opis izvedbe meritve:

Pred samo meritvijo preverimo status elektrode glede kalibracije. Elektroda mora biti v statusu, ki kaže najmanj dve črtici na elektrodi. Če elektroda ne ustreza temu statusu oziroma je potekel rok kalibracije, skalibriramo elektrodo. Vodni vzorec segrejemo na sobno temperaturo. Vzorec odpadne vode pustimo, da se neraztopljene snovi usedejo. Vodo oddekaniramo v čisto čašo in meritev izvedemo v tej vodi. Speremo elektrodo z deionizirano vodo in nato z vzorcem ter jo potopimo v vzorec. Premešamo vzorec, nato pa izmerimo pH, ne da bi mešali vzorec. Odčitamo pH in ga zapišemo v ustrezen zvezek meritev. Nato speremo elektrodo z deionizirano vodo in pustimo elektrodo nekaj časa v vodi, da se odstranijo sledovi vzorca in pufrov.

Po končani meritvi shranimo elektrodo v pokončen položaj v vlažnem okolju. V pokrov za zaščito elektrode nalijemo KCl; $c=3 \text{ mol/l}$.

8.5 Določitev obarvanosti vode

Analizna metoda je spektrofotometrična. V vzorcih vode merimo absorbanco pri dveh valovnih dolžinah: $\lambda = 254 \text{ nm}$ in 436 nm . Uporabljamo kivete iz kvarčnega stekla. Pri 254 nm v glavnem absorbirajo organske substance, pri 436 nm pa anorganske. Rezultate podamo v m^{-1} .

Originalna navodila: SIST EN ISO 7887 (1996).

Območje določitve

Obarvanost pri 254 nm nam pokaže prisotnost organskih snovi v vodi, obarvanost pri 436 nm pa nam pokaže prisotnost anorganskih snovi.

Motne vzorce je treba pred analizo prefiltrirati z membranskim filtrom z velikostjo por $0,45 \mu\text{m}$.

Uporabljena oprema: Spektrofotometer Perkin Elmer, Lambda 20.



Slika 20: Spektrofotometer (Vir: Avtor, 2013)

Opis izvedbe analize:

Najprej vzorec segrejemo na sobno temperaturo, ga nalijemo v kvarčno kiveto, ki jo vstavimo v spektrofotometer. Nato izmerimo absorbanco pri obeh valovnih dolžinah.

8.6 Določitev neraztopljenih snovi – TSS

Določitev neraztopljenih snovi izvajamo po analizni metodi: SIST ISO 11923 (1998).

Originalna navodila: Water quality – Determination of suspended solids by filtration through glass-fibre filters.

Območje določitve za suhi preostanek: od 5 mg do 50 mg .

Vzorčevanje in tehnika konzerviranja: Tehnika konzerviranja po SIST EN ISO 5667-3:2004 (Water quality-sampling Part 3: Guidance on the preservation and handling of water samples) in SIST ISO 11923 (1998). Water quality – Determination of suspended solids by filtration through glass-fibre filters.

Vzorčimo v transparentne posode, katere ne napolnimo do vrha. Tako je mogoče vzorec pred analizo dobro premešati. Vzorce analiziramo čim prej po vzorčenju (najbolje v roku štirih ur). Vzorce, ki jih ne moremo analizirati v roku štirih ur, hranimo v temnem prostoru in na hladnem med 1 °C in 5 °C, vendar vzorec ne smemo zamrzniti.

Vzorce za določevanje neraztopljenih snovi ne smemo konzervirati in jim dodajati česar koli. V primeru, da je bil čas od vzorčenja do analize več kot štiri ure, je treba to navesti v poročilu, prav tako tudi pogoje shranjevanja vzorcev.

Uporabljena oprema:

- sistem za filtriranje – vakuumska črpalka, nastavek za filter in nuča,
- suhi sterilizator – sušilnik in
- tehtnica Kern ALJ 220- 4 ali Sartorius AC 210 S.



Slika 21: Sistem za filtriranje (Vir: Avtor, 2013)

Opis izvedbe analize

Predhodno posušen (105 °C, 2 uri) in stehtan membranski filter MN porafil velikost por 0,45 nm, premera 47 mm, tipa CA, položimo na podstavek za filtriranje in sestavimo set za vakuumsko filtracijo in prižgemo črpalko.

Vodni vzorec segrejemo na sobno temperaturo. Vzorec predhodno dobro premešamo. Če je posoda, v kateri je vzorec, napolnjena do vrha, vzorec premešamo tako, da ga prelivamo iz ene posode v drugo. Pred uporabo pa preverimo, ali je druga posoda čista in suha.

Nato izberemo tak volumen vzorca, da bo suhi ostanek med 5 mg do 50 mg/ L. Rezultat je vprašljiv, če je vrednost suhega ostanka manjša kot 2 mg. Če vzamemo za analizo volumen vzorca, ki je manjši kot 25 ml, ga je treba stehtati.

Nato prefiltriramo vzorec, speremo merilni valj s približno 20 ml deionizirane vode in to uporabimo za spiranje filtra. Še naslednjih 20 ml deionizirane vode uporabimo za izpiranje posodice nad filtrom.

Filter odstranimo s pomočjo pincete in ga prenesemo na čisto urno steklo ter ga damo v sušilnik. Filter papir se suši pri $105\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ do konstantne teže; to je eno do dve uri.

Ko je dosežena konstantna teža, prenesemo urno steklo s filter papirjem v eksikator in pustimo, da se ohladi.

Nato filter papir stehtamo na elektronski tehtnici Kern ALJ 220- 4 ali Sartorius AC 210 S in zapišemo težo v ustrezen zvezek.

Izračun:

- Vrednost neraztopljenih snovi TSS v mg/l je: $TSS = (m_K - m_Z) \cdot 1000$.

m_K – masa posušenega filter papirja z vsebino filtracije v g

m_Z – masa filter papirja z vsebino filtracije g

Če je rezultat manjši kot 2 mg/l, ga zapišemo kot $TSS < 2\text{ mg/l}$.

8.7 Določitev usedljivih snovi

Določitev usedljivih snovi izvajamo po analizni metodi: DIN 38 409 Teil 9 (1980).

Originalna navodila: Summarische Wirkungs- und Stoffkenngrößen (Gruppe H) Teil 9: Bestimmung des Volumenanteils der absetzbaren Stoffe im Wasser und Abwasser (H9) mit einem Probenvolumen von 2l (2). Verfahren DIN 38 409 – H9 – 2.

Območje določitve: S to metodo je mogoče določiti volumen usedljivih snovi v vodah, katerih vrednost je nad 1 ml/l.

Tehnika konzerviranja: Tehnika konzerviranja po SIST EN ISO 5667-3:1994 (Water quality-sampling Part 3: Guidance on preservation and handling of samples). V laboratoriju v roku 24 ur, priporočljivo pa je, da se analiza izvede takoj, najboljše na terenu.

Uporabljena oprema: Konični valj za usedanje – lij za sedimentacijo po Immhofu in stojalo za sedimentacijski lij.



Slika 22: Konični valj za usedanje (Imhoffov lij) (Vir: Avtor, 2013)

Opis izvedbe analize:

Izvedba analize z 2 l vzorca:

Dva lija za sedimentacijo postavimo navpično, brez možnosti tresenja in zaščitena pred direktno sončno svetlobo. V vsak lij za sedimentacijo zlijemo 1 l vzorca takoj po odvzemu vzorca – vzorčenju. Temperatura v sedimentacijskih lijih med meritvijo mora ostati čim bližje temperaturi vzorca ob vzorčenju, ne sme pa presegati 25 °C.

Po 50 in po 110 minutah je treba sedimentacijske lije trikrat sunkovito zavrteti za 90 stopinj, da se sprostijo delci, ki so prilepljeni na steno sedimentacijskega lija.

Volumen usedenih snovi se v obeh sedimentacijskih lijih odčita dve uri po napolnjenju z vzorcem, in sicer v višini oči na zgornji horizontalni meji usedenih snovi. Če se nad mejo nahaja nekaj posameznih delcev, jih lahko zanemarimo. V primeru, ko zgornja meja usedenih snovi ni ravna ali ni horizontalna, je treba izračunati srednjo vrednost. Le-to izračunamo iz odčitka zgornje in spodnje vrednosti usedenih snovi.

Izračun:

Vrednost usedljivih snovi je: Aritmetična sredina dveh vzporednih meritev.

$$\overline{\vartheta} = (\vartheta_1 + \vartheta_2) / 2$$

$\overline{\vartheta}$ – aritmetična sredina volumna usedljivih snovi v ml/l

ϑ_i – odčitek volumna usedljivih snovi v ml/l

8.8 Določitev amonijevega dušika hach lange

V območju od 2,0 do 47,0 mg/l NH₄-N

Amonijev dušik določamo po analizi metodi: SIST ISO 7150-1 (1984). Modifikacija CČN. Uporabljamo reagente HACH LANGE LCK 303 Ammonium – Nitrogen.

Princip metode: Amonijevi ioni reagirajo pri pH 12,6 s hipokloridnimi in salicilnimi ioni v prisotnosti natrijevega nitroprosida kot katalizatorja in tvorijo modro indofenol spojino, katere koncentracijo se določi spektrofotometrično.

Originalna navodila: Water quality – Determination of ammonium – Part 1: Manual spectrometric method – SIST ISO 7150-1 (1984).

Območje določitve nerazredčenega vzorca: od 2,0 do 47,0 mg /L NH₄-N oziroma od 2,5 do 60,0 mg /L NH₄. Primeren je za določitve amonijaka v podtalnici, površinski vodi in odpadni vodi.

Tehnika konzerviranja: Tehnika konzerviranja po SIST EN ISO 5667-3:1994 (Water quality-sampling Part 3: Guidance on preservation and handling of samples).

Vzorec je treba hraniti v hladnem (2-5 °C) prostoru in analizirati v roku šestih ur. Nakisati ga je treba na pH < 2 s H₂SO₄ in hraniti v hladnem (2-5 °C) prostoru ter analizirati v roku 24 ur.

Po navodilih HACH LANGE je treba vzorec analizirati takoj po vzorčenju.

Uporabljena oprema: Fotometer HACH LANGE DR 3800.



Slika 23: Fotometer (Vir: Avtor, 2013)

Opis izvedbe analize:

Vodni vzorec segrejemo na sobno temperaturo; vzorec odpadne vode pa predhodno filtriramo skozi membranski filter s porami velikosti 0,45 µm. Če pričakujemo rezultate nad 47,0 mg /L NH₄-N (60,0 mg /L NH₄), vzorec predhodno razredčimo.

pH vzorca mora biti v območju med 4 in 9. Če je potrebno, ga uravnamo z raztopino NaOH ali H_2SO_4 . Odpipetiramo 0,20 ml pripravljenega vodnega vzorca (temp. 20–30°C) v kiveto. Nato previdno odstranimo folijo z vrha zamaška kivete, kjer se nahaja reagent. Zamašek z reagentom nato obrnemo in zapremo kiveto. Dobro premešamo, da se reagent v celoti raztopi. Nato počakamo še 15 minut, da se razvije barva in na fotometru odčitamo rezultat v mg/l.

Barva ostane obstojna 15 minut.

8.9 Določitev nitritnega dušika hach lange

V območju od 0,015 do 0,6 mg/l NO_2 -N in od 0,05 do 2,0 mg/l NO_2

Analizna metoda: Uporabljamo reagente HACH LANGE LCK 341 Nitrite.

Princip metode: Nitriti reagirajo s primarnimi aromatskimi amini v kisli raztopini in tvorijo diazonijeve soli. Te se vežejo z aromatskimi spojinami, ki vsebujejo amino ali hidroksi skupino in tvorijo intenzivno obarvana azo barvila.

Originalna navodila: Water quality – Determination of Nitrite, HACH LANGE LCK 341.

Območje določitve nerazredčenega vzorca: od 0,015 do 0,6 mg/l NO_2 -N oziroma od 0,05 do 2,0 mg/l NO_2 . Primeren je za določitve nitrita v podtalnici, pitni vodi, površinski vodi in odpadnih vodah.

Tehnika konzerviranja: Tehnika konzerviranja po SIST EN ISO 5667-3:1994 (Water quality-sampling Part 3: Guidance on preservation and handling of samples).

Vzorec je treba prefiltrirati (0,45 μ m) in ga hraniti na 4 °C do 24 ur v laboratoriju.
Uporabljena oprema: Fotometer HACH LANGE DR 3800.



Slika 24: Fotometer (Vir: Avtor, 2013)

Opis izvedbe analize:

pH vzorca mora biti med 3 in 10. Temperatura reagentov in vzorca mora biti med 10 in 25 °C. Med vzorčenjem in analizo ne sme preteči več kot tri ure.

Odvijemo zamašek in odstranimo zaščitno folijo. Odpipetiramo 2,0 ml vzorca, takoj zapremo in pretresemo, da se raztopi reagent iz zamaška. Po 10 minutah še malo premešamo, očistimo zunanost kivete in izvedemo meritve.

Rezultati so v mg/l, podani kot nitritni dušik za odpadne vode ali kot nitrit za pitne vode.

8.10 Določitev celotnega fosforja in ortofosfata hach lange

V območju od 0,5 do 5,0 mg/l PO₄-P, 1,5–15,0 mg/L PO₄ in 1,2–11,5 mg/l P₂O₅

Analizna metoda: SIST ISO 6978-1 (1986). Modifikacija CČN.

Uporabljamo reagente HACH LANGE LCK 348 PHOSPHATE total/ PHOSPHATE ortho.

Princip: Fosfatni ioni reagirajo z molibdatnimi in antimonovimi ioni v kisli raztopini, tvori se antimonov fosfatnomolibdatni kompleks, ki se reducira z askorbinsko kislino do fosfatmolibden modre.

Originalna navodila: Water quality – Determination of phosphorus total/ phosphate ortho – Part 1: Ammonium molybdate spectrometric method – Section three: SIST ISO 6878-1 (1986).

Območje določitve: Območje določitve nerazredčenega vzorca: od 0,5 do 5,00 mg/l PO₄-P, 1,5–15,0 mg/l PO₄ in 1,2–11,5 mg/l P₂O₅. Primeren je za določitve v podtalnici, pitni vodi, površinski vodi in odpadnih vodah.

Tehnika konzerviranja: Tehnika konzerviranja po SIST EN ISO 5667-3:1994. (Water quality-sampling Part 3: Guidance on preservation and handling of samples).

Vzorec moramo hraniti v hladnem (2-5 °C) in temnem prostoru, analiziramo pa ga v roku 24 ur.

Vzorec je treba hraniti v hladnem (-20,0 °C) in temnem prostoru, analiziramo ga v roku enega meseca.

Uporabljena oprema: Reaktor LT 200, Fotometer DR 3800.



Slika 25: Reaktor (Vir: Avtor, 2013)

Opis izvedbe analize:

pH vzorca morda biti med 2 in 10. Temperatura vzorcev in reagentov mora biti med 15 in 25 °C. Če ne upoštevamo priporočene temperature, lahko pride do odstopanja rezultatov.

Za določitev celotnega fosforja:

- Vzorec dobro homogeniziramo.
- Odstranimo folijo iz "DosiCap Zip" zamaška in odpremo (odvijemo) kiveto.
- V kiveto odpipetiramo 0,5 ml vzorca.
- Kiveto zapremo z "DosiCap Zip" zamaškom in premešamo.
- Damo v termostat za 60 min pri 100°C ali v reaktor HT 200 za 15 minut.
- Kiveto ohladimo na sobno temperaturo in zavržemo zamašek "DosiCap Zip".
- V ohlajeno kiveto odpipetiramo 0,2 ml reagenta B (LCK 348).
- Zapremo jo z drugim zamaškom, ki vsebuje reagent C.
- Premešamo, da se reagent C v zamašku raztopi in pustimo stati 10 minut.
- Po pretečenem času še rahlo premešamo, obrišemo zunanost kivete in izvedemo meritve.
- Rezultate podamo v mg/l.

Za določitev ortofosfata:

- Kiveto odpremo in zavržemo zamašek "DosiCap Zip" in dodamo 0,5 ml vzorca.
- V kiveto dodamo še 0,2 ml reagenta B (LCK 348).
- Zapremo jo z zamaškom, ki vsebuje reagent C.
- Premešamo, da se reagent C v zamašku raztopi in pustimo stati 10 minut.
- Po pretečenem času še rahlo premešamo, obrišemo zunanost kivete in izvedemo meritve.
- Rezultate podamo v mg/l.

8.11 Določitev KPK

Analizna metoda je uporabna za območje od 150 do 1000 mg/l

Analizna metoda: Uporabljamo reagente HACH LANGE LCK 114 Chemical Oxygen Demand.

Princip metode: Oksidacija s kalijevim dikromatom in žvepleno kislino po metodi z zaprtim refluxom in spektrofotometrično določitvijo KPK.

Originalna navodila: Water quality – Determination of Chemical Oxygen Demand, HACH LANGE LCK 114.

Območje določitve nerazredčenega vzorca: 150–1000 mg/l. Primeren je za določitve v odpadnih vodah.

Tehnika konzerviranja: Tehnika konzerviranja po SIST EN ISO 5667-3:1994 (Water quality-sampling Part 3: Guidance on preservation and handling of samples): vzorec zamrznemo in hranimo pri temperaturi - 20 °C za en mesec.

Uporabljena oprema: Fotometer HACH LANGE DR 3800 + reaktor.



Slika 26: Fotometer (Vir: Avtor, 2013)

Opis izvedbe analize:

Vodni vzorec segrejemo na sobno temperaturo, vzorec odpadne vode pa predhodno dobro homogeniziramo po postopku. Če pričakujemo rezultate nad 1000 mg/l, vzorec predhodno razredčimo. Reagenčno kiveto LCK 114 predhodno dobro premešamo in dodamo 2 ml vzorca. Nato jo dobro zapremo s pokrovom, premešamo in vstavimo v predhodno segret reaktor – suhi termostat HACH LANGE LC 200.

Temperatura mora biti 148 °C in čas segrevanja – vretja dve uri. Po končani proceduri reagenčne kivete ohladimo v temnem prostoru in počakamo, da se vzorec ohladi, usedline pa usedejo na dno. Ohlajene kivete vstavimo v fotometer DR 3800 HACH LANGE in odčitamo koncentracijo.

8.12 Določitev BPK₅

Analizna metoda: Interna metoda SAP 2 – določitev BPK₅ PO WTW manometrični metodi.

Originalna navodila: SAP 2 – določitev BPK₅ po WTW manometrični metodi.

Območje določitve: Območje določitve nerazredčenega vzorca: od 0 do 4000 mgO₂/l. Pri tem uporabljamo različne volumne vzorca in ustrezen faktor, s katerim pomnožimo rezultat.

Tehnika konzerviranja: Tehnika konzerviranja po SIST EN ISO 5667-3:1994 (Water quality-sampling Part 3: Guidance on preservation and handling of samples).

Vzorec je treba hraniti v hladnem (2-5 °C) in temnem prostoru – analiziramo ga v roku 24 ur.

Uporabljena oprema: WTW-Oxi top SOP 4, inkubacijske steklenice, termostatska omara, hladilna naprava (2-5 °C) za transport in shranjevanje vzorcev.



Slika 27: Inkubacijske steklenice (Vir: Avtor, 2013)

Opis izvedbe analize:

Glede na pričakovani rezultat (BPK_5 je približno 80 % vrednosti KPK) iz Tabele 1 proizvajalca, ki je navedena spodaj, izberemo ustrezen volumen vzorca.

Preglednica 1: Preglednica za izbor volumna vzorca

Volumen vzorca (ml)	Merilno območje (mg/l)	Faktor f
432	0-40	1
365	0-80	2
250	0-200	5
164	0-400	10
97	0-800	20
43,5	0-2000	50
22,7	0-4000	100

Vir: Avtor, 2013.

Vodni vzorec odmerimo v ustrezno merilno bučko, vzorec odpadne vode predhodno dobro premešamo. V vsako inkubacijsko steklenico damo paličasti magnet in nalijemo vzorec. Dodamo 1 ml hraniva in 20 kapljic ATU na liter vzorca. V steklenico vstavimo gumijasti zamašek in vanj damo dve granuli NaOH.

Na steklenico privijemo merilno glavo Oxi top in jo vključimo za avtomatsko odčitavanje z že upoštevanim faktorjem. Nato steklenico postavimo na magnetno mešalo v termostatorirano omaro na 20 °C. Nato po petih dneh odčitamo rezultat z merilne glave.

Izračun: Vrednost BPK_5 v mg O_2/l je:

$$BPK_5 = 0$$

o – odčitek z merilne glave Oxi top (mg O_2/l).

9 REZULTATI MERITEV

V spodnjih Preglednicah (Preglednica 2, Preglednica 3, Preglednica 4 in Preglednica 5) so prikazani rezultati meritev parametrov komunalne odpadne vode iz razbremenilnika Dijaški dom, na katerem so bili odvzeti trenutni vzorci komunalne odpadne vode v najkrajšem možnem času od pojava deževja. Meritve parametrov pa so bile izvedene v laboratoriju na Centralni čistilni napravi Šoštanj. Izvedene so bile za vsako datumsko obdobje posebej.

Preglednica 2: Vrednosti fizikalno–kemijskih parametrov komunalne odpadne vode iz razbremenilnika Dijaški dom, z dne 5. 11. 2012

PARAMETER	ENOTE	RAZBREMENILNIK DIJAŠKI DOM	MEJNE VREDNOSTI ZA IZTOK V VODE
	vzorec ura	TRENTNI 13:00	
TEMPERATURA	°C	14,0	30,00
RAZTOPLJENI KISIK	mg/l	7,80	
ELEKTROPREVODNOST	mikro S/cm	332	
pH		7,95	6,5-9,0
OBARVANOST 436 nm	1/m	3,30	7,00
OBARVANOST 525 nm	1/m	1,90	5,00
OBARVANOST 620 nm	1/m	1,40	3,00
NERAZTOPLJENE SNOVI	mg/l	52	80,00
USEDLJIVE SNOVI PO 2 h	ml/l	0,10	0,50
AMONIJEV DUŠIK	mg/l	0,39	10,00
NITRITNI DUŠIK	mg/l	0,09	1,00
FOSFOR – CELOTNI	mg/l	<0,5	2,00
KPK	mg/l	68,6	120,00
BPK ₅	mg/l	11,3	25,00

Preglednica 3: Vrednosti fizikalno–kemijskih parametrov komunalne odpadne vode iz razbremenilnika
Dijaški dom, z dne 28. 11. 2012

PARAMETER	ENOTE	RAZBREMENILNIK DIJAŠKI DOM	MEJNE VREDNOSTI ZA IZTOK V VODE
	vzorec ura	TRENTNI 11:20	
TEMPERATURA	°C	13,9	30,00
RAZTOPLJENI KISIK	mg/l	9,2	
ELEKTROPREVODNOST	mikro S/cm	145	
pH		8,12	6,5-9,0
OBARVANOST 436 nm	1/m	1,00	7,00
OBARVANOST 525 nm	1/m	0,40	5,00
OBARVANOST 620 nm	1/m	0,20	3,00
NERAZTOPLJENE SNOVI	mg/l	174	80,00
USEDLJIVE SNOVI PO 2 h	ml/l	0,6	0,50
AMONIJEV DUŠIK	mg/l	0,10	10,00
NITRITNI DUŠIK	mg/l	0,06	1,00
FOSFOR – CELOTNI	mg/l	<0,5	2,00
KPK	mg/l	109	120,00
BPK ₅	mg/l	8,50	25,00

Preglednica 4: Vrednosti fizikalno–kemijskih parametrov komunalne odpadne vode iz razbremenilnika
Dijaški dom, z dne 29. 3. 2013

PARAMETER	ENOTE	RAZBREMENILNIK DIJAŠKI DOM	MEJNE VREDNOSTI ZA IZTOK V VODE
	vzorec ura	TREKUTNI 15:00	
TEMPERATURA	°C	13,9	30,00
RAZTOPLJENI KISIK	mg/l	9,3	
ELEKTROPREVODNOST	mikro S/cm	302	
pH		8,32	6,5-9,0
OBARVANOST 436 nm	1/m	0,30	7,00
OBARVANOST 525 nm	1/m	0,00	5,00
OBARVANOST 620 nm	1/m	0,00	3,00
NERAZTOPLJENE SNOVI	mg/l	55	80,00
USEDLJIVE SNOVI PO 2 h	ml/l	0,3	0,50
AMONIJEV DUŠIK	mg/l	0,06	10,00
NITRITNI DUŠIK	mg/l	0,02	1,00
FOSFOR – CELOTNI	mg/l	<0,50	2,00
KPK	mg/l	20	120,00
BPK ₅	mg/l	2,80	25,00

Preglednica 5: Vrednosti fizikalno–kemijskih parametrov komunalne odpadne vode iz razbremenilnika
Dijaški dom, z dne 24. 5. 2013

PARAMETER	ENOTE	RAZBREMENILNIK DIJAŠKI DOM	MEJNE VREDNOSTI ZA IZTOK V VODE
	vzorec ura	TRENTNI 11:30	
TEMPERATURA	°C	16,0	30,00
RAZTOPLJENI KISIK	mg/l	12,8	
ELEKTROPREVODNOST	mikro S/cm	55	
pH		8,25	6,5-9,0
OBARVANOST 436 nm	1/m	0,60	7,00
OBARVANOST 525 nm	1/m	0,20	5,00
OBARVANOST 620 nm	1/m	0,10	3,00
NERAZTOPLJENE SNOVI	mg/l	26	80,00
USEDLJIVE SNOVI PO 2 h	ml/l	0,2	0,50
AMONIJEV DUŠIK	mg/l	0,02	10,00
NITRITNI DUŠIK	mg/l	0,02	1,00
FOSFOR – CELOTNI	mg/l	<0,5	2,00
KPK	mg/l	20,4	120,00
BPK ₅	mg/l	3,4	25,00

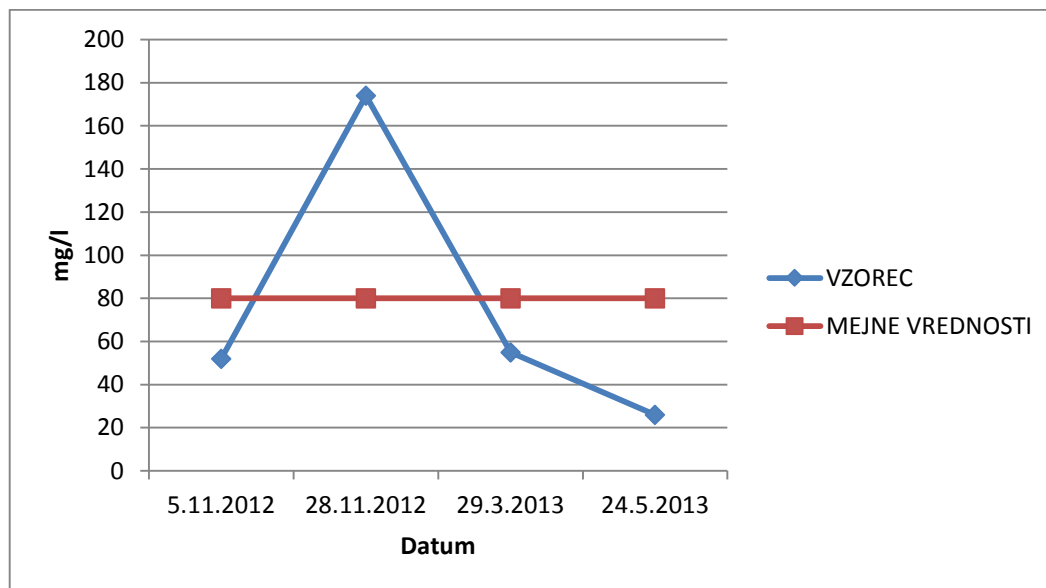
9.1 Interpretacija rezultatov

V zgornjih preglednicah lahko vidimo rezultate meritev komunalne odpadne vode na razbremenilniku odpadnih voda Dijaški dom. Vzorci vode so bili odvzeti v najkrajšem možnem času od pojava deževja. A ne glede na to, da sem redno spremljal vreme in bil v polni pripravljenosti, tako v prostem kot tudi v službenim času, kljub številnim poskusom s trenutnim vzorčenjem ni bilo možno ujeti tistega pravega prvega čistilnega vala komunalne odpadne vode.

Kot je razvidno iz omenjenih tabel mejne vrednosti za iztok v vode presega le en parameter, in sicer neraztopljene snovi z dnem 28. 11. 2012. Ostale mejne vrednosti za iztok v vode ne presegajo nobenega drugega parametra, kar je razvidno po mejnih vrednostih za iztok v vode (Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo) (Ur.l. RS, št. 47/2005).

Za bolj nazorne podatke sem med seboj primerjal tri pomembne parametre v komunalni odpadni vodi in jih predstavil v spodnjih grafih. Tako sem datumsko razvrstil neraztopljene snovi, amonijev dušik in KPK ter le-te primerjal v odvisnosti vzorca in mejne vrednosti.

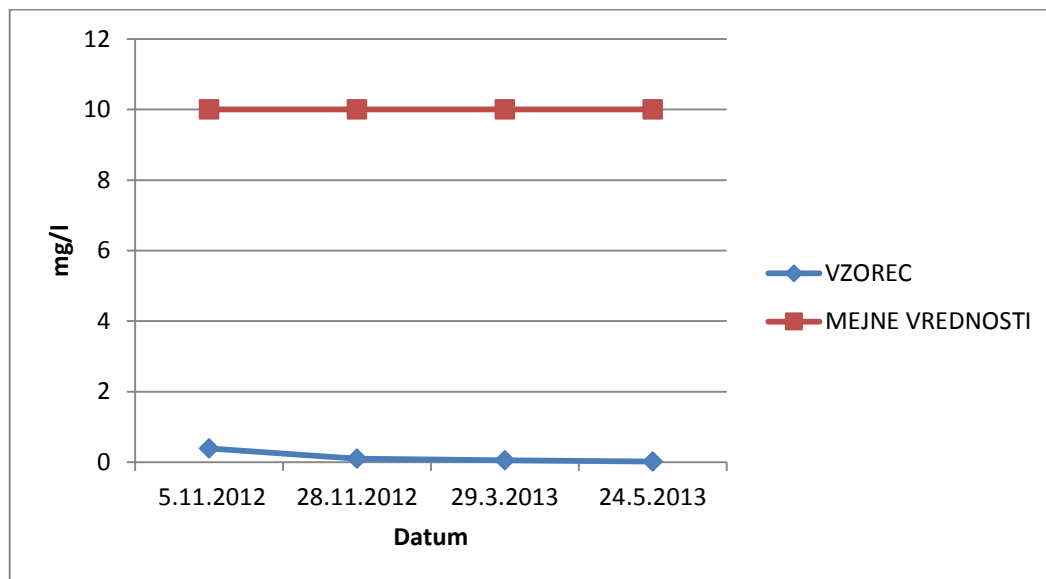
Neraztopljene snovi



Slika 28: Grafični prikaz vrednosti neraztopljenih snovi

Kot je razvidno iz grafa, so vrednosti neraztopljenih snovi povečane dne 5. 11. 2012, dne 28. 11. 2012 in dne 29. 3. 2012. Dne 28. 11. 2012 vrednosti celo presegajo predpisane mejne vrednosti za iztok v vode. To nakazuje na to, da je bil vzorec odvzet po daljšem sušnem obdobju, zato obstaja sum, da v kanalizacijskem omrežju zastajajo suspendirane snovi, kot so mivka, pesek ali blato. Vse to je lahko odraz minimalnih padcev kanalizacije in posledično hitrosti odpadne vode. V primerih, ko ni mogoče izvesti primernih padcev in prihaja do usedanja v ceveh, je treba predvideti naprave za ustrezno čiščenje teh odsekov (prekucniki). Zastajanje suspendiranih snovi v kanalizacijskem omrežju povzroča po večjem deževju tudi težave na CČN. Prvi čistilni val dvigne in odnese anorganske in organske snovi po kanalu proti CČN, kar povzroča zamašitev grobih in finih sit, težave s črpalkami, ...

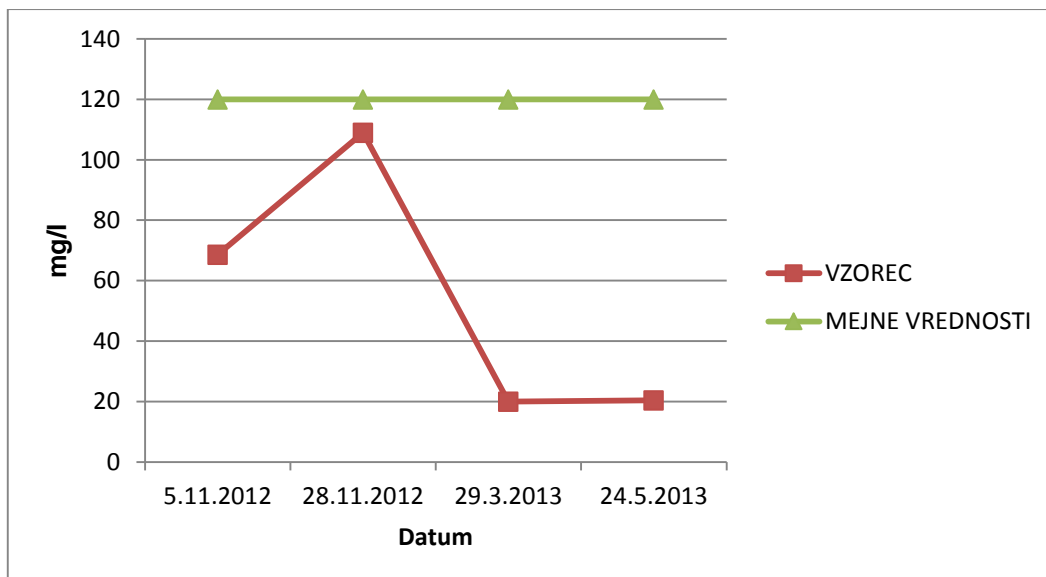
Amonijev dušik



Slika 29: Grafični prikaz vrednosti amonijevega dušika

Iz grafa je razvidno, da amonijev dušik ne presega mejnih vrednosti za iztok v vode v nobenem časovnem obdobju. Amonijev dušik je topen v vodi in v primerjavi z neraztopljenimi snovmi ne more zastajati v kanalizacijskem omrežju.

KPK



Slika 30: Grafični prikaz vrednosti KPK

Vrednost KPK je povišana dne 5. 11. 2012 in dne 28. 11. 2012. Mejne vrednosti niso presežene v nobenem časovnem obdobju. Povišan KPK pomeni, da je od vseh suspendiranih snovi, ki zastajajo v kanalizacijskem omrežju, velik delež organskih snovi (blato). Če vrednosti primerjamo z neraztopljenimi snovmi, ugotovimo, da so vrednosti KPK povišane tako, kot neraztopljene snovi dne 5. 11. 2012 in dne 28. 11. 2012, medtem ko dne 29. 3. 2012 vrednosti KPK niso povečane. To pomeni, da so takrat v kanalizacijskem omrežju zastajale v večini anorganske snovi (pesek, mivka).

Glede na to, da kvaliteta komunalne odpadne vode bolj ali manj ustreza normativom za izpust v reko Pako so zadrževalniki in razbremenilniki potrebni tudi zaradi drugih vzrokov. Kot pravi Maleiner (Maleiner 2000e) nas biologi vse bolj opozarjajo na ekološke posledice nekontroliranega razbremenjevanja v vodotoke. To pomeni, da je poleg kemične in biološke obremenitve izredno važna tudi hidravlična obremenitev vodotokov, ki jo biologi imenujejo hidravlični stres. Ta se pojavlja predvsem na razbremenilnikih mešanega sistema, kjer lahko prelite vode odplavijo tudi do 80% biologije. Pomembna pa je seveda tudi sama konfiguracija iztokov.

10 SKLEP

V diplomskem delu sem ugotavljal največjo obremenjenost mešane komunalne odpadne vode na kanalizacijskem sistemu Velenje–Šoštanj. Poskusil sem ujeti prvi čistilni val komunalne odpadne vode, ki se izlije iz razbremenilnika neposredno v odvodnik. Vzorčil sem na iztoku razbremenilnika odpadnih voda Dijaški dom, kjer odpadna voda najprej prelije v odvodnik.

Trenutni vzorci komunalne odpadne vode so bili odvzeti v najkrajšem možnem času od pojava deževja. Na podlagi zbranih trenutnih vzorcev na razbremenilniku Dijaški dom smo v laboratoriju CCN Šoštanj napravili meritve osnovnih parametrov komunalne odpadne vode in le-te primerjali z zakonsko predpisanimi mejnimi vrednostmi za izpust v reko Pako.

Pričakoval sem, da bodo mejne vrednosti presegali vsi parametri. Vendar temu ni tako. Ugotovili smo, da komunalna odpadna voda na iztoku razbremenilnika Dijaški dom ne presega mejnih vrednosti za izpust v reko Pako. Presežene so samo vrednosti neraztopljenih snovi z dne 28. 11. 2012, kar nakazuje na to, da je bil vzorec odvzet po daljšem sušnem obdobju. Vrednosti KPK pa so samo povišane in ne presegajo mejne vrednosti za izpust v vodotok. To pomeni, da je od vseh suspendiranih snovi, ki zastajajo v kanalizacijskem omrežju, velik delež organskih snovi.

Mislím, da je problem nizkih mejnih vrednosti v tem, da je kanalizacijski sistem Velenje–Šoštanj mešanega značaja. To pomeni, da ob nalivu priteče iz površine večina meteornih voda v kanalizacijo. Le-ta pa samo komunalno odpadno vodo razredči do te mere, da so tudi mejne vrednosti zaradi tega nižje.

Drugi problem pa je v tem, da kljub pripravljenosti in večurnem čakanju na preliv ni bilo mogoče zajeti tistega pravega prvega čistilnega vala, ki se pojavi ob nalivih.

Zaradi tega menim, da bomo v prihodnje, če želimo dobiti bolj natančne rezultate, morali poskusiti z avtomatskimi vzorčevalniki, na daljinski vklop ali senzorski vklop. Vgrajeni pa bi morali biti na mestu iztoka razbremenilnika in ustrezno fizično zavarovani proti kraji in vandalizmu. Vendar takšnih avtomatskih vzorčevalnikov Komunalno podjetje Velenje nima, zato bi bilo za natančne rezultate meritev smiselno naročiti ustrezno opremo, s katero bi prišli do bolj realnih rezultatov meritev. Tako bi lahko ocenili realno onesnaženost tako imenovanega prvega čistilnega vala na kanalizacijskem sistemu Velenje–Šoštanj.

Rešitev problematike vidim v novogradnji zadrževalnih bazenov deževnih voda, ki bodo zadrževali najbolj onesnaženi prvi čistilni val. Ko se bodo razmere na kanalizacijskem sistemu umirile in se bo zmanjšal dotok na čistilno napravo, se bo odpadna voda iz zadrževalnih bazenov spustila v kanal, ki vodi na čistilno napravo, kjer se odpadna voda nato prečisti in izpusti v reko Pako. S tem bomo zagotovili pogoje za dolgoročno varovanje okolja ter varstva voda.

11 POVZETEK

V diplomskem delu so prikazane meritve prvega čistilnega vala komunalne odpadne vode na kanalizacijskem omrežju Velenje–Šoštanj. Vzorčil sem na iztoku razbremenilnega objekta Dijaški dom. Na podlagi zbranih trenutnih vzorcev na razbremenilniku Dijaški dom smo v laboratoriju CČN Šoštanj napravili meritve osnovnih parametrov komunalne odpadne vode. Le-te smo primerjali z zakonsko predpisanimi mejnimi vrednostmi za izpust v reko Pako.

Ugotovili smo, da komunalna odpadna voda na iztoku razbremenilnika Dijaški dom ne presega mejnih vrednosti za izpust v odvodnik. Edini parameter, ki presega mejne vrednosti za izpust v odvodnik, so neraztopljene snovi z dne 28. 11. 2012. To nakazuje na to, da je bil vzorec odvzet po daljšem sušnem obdobju, kjer je prišlo do zastajanja suspendiranih snovi. Omembe vredna je tudi vrednost KPK, ki je povišana v dveh časovnih obdobjih, vendar mejne vrednosti niso presežene v nobenem časovnem obdobju. Povišan KPK pomeni, da je od vseh suspendiranih snovi, ki zastajajo v kanalizacijskem omrežju, velik delež organskih snovi. Vsi ostali merjeni parametri ne presegajo mejnih vrednosti za izpust v odvodnik.

Kljub temu, da meritve niso pokazale prevelikih odstopanj parametrov od mejnih vrednosti, bo vseeno treba zgraditi zadrževalne bazene deževnih voda. S tem bomo zagotovili, da le-ti zajamejo prvi čistilni val. Tako bomo prvi čistilni val odvedli na čistilno napravo in s tem preprečili uhajanje onesnaženja iz kanalizacijskega sistema v odvodnike. Skratka, zagotoviti je treba, da je odpadna voda, ki izteka iz kanalizacijskega sistema Velenje–Šoštanj, enake kakovosti kot kakovost vode na iztoku iz CČN Šoštanj.

Kanalizacijski sistem Velenje–Šoštanj je zelo zapleteno omrežje, saj je večje število razbremenilnikov vezanih zaporedno. V preteklosti so bili kriteriji za prelito vodo bistveno nižji, glede na takratne zahteve so se dimenzionirali razbremenilniki, ki pa danes ne ustrezajo več evropski zakonodaji. Le-ti so zgrajeni na osnovi veljavnih predpisov v preteklosti, tako da ne zadoščajo sodobnim zahtevam EU glede varovanja odvodnikov glede prelivanja vode iz kanalizacijskih sistemov (ATV-A 128). Posledično prihaja ob prelivanju vode do prekomernega onesnaževanja edinega odvodnika – reke Pake v dolini s tako imenovanim prvim čistilnim valom. Kasneje pa se na CČN odvaja razredčena odpadna voda, ki zmanjšuje učinke čiščenja. Poleg tega neizravnavanje količin na CČN dovedene vode povzroča hidravlično neenakomerno obremenitev CČN Šoštanj.

Ustrezne zadrževalno-razbremenilne objekte na mešanem kanalizacijskem sistemu zahteva tudi veljavna zakonodaja, in sicer Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav (Uradni list RS št. 45/2007), ki v 8. členu izrecno zahteva izgradnjo objektov zadrževanja prvega naliva padavinske vode (prvi čistilni val).

Skratka, ko se bodo razmere na kanalizacijskem sistemu umirile in se bo zmanjšal dotok na čistilno napravo, se bo odpadna voda iz zadrževalnih bazenov spustila v kanal, ki vodi na čistilno napravo. Na čistilni napravi se odpadna voda očisti in izpusti v naravni odvodnik – reko Pako.

Na omrežju je predvidenih 15 zadrževalnih bazenov, pri tem pa je treba poudariti, da je na omrežju nujna obnova določenih kanalov, ki so v zelo slabem stanju in ne zagotavljajo vodotesnosti. V sklopu izdelave projektne dokumentacije za izgradnjo zadrževalnih bazenov je smotno na novo določiti in dimenzionirati razbremenilne objekte, saj velik del obstoječih razbremenilnikov ne deluje pravilno. Odvečne razbremenilne objekte bo treba v sklopu gradnje zadrževalnih bazenov ukiniti in zgraditi nove. S tem projektom bomo dosegli vse zahteve varstva okolja ter varstva voda v okviru obstoječe zakonodaje in standardov.

SUMMARY

The graduation thesis presents the measurements of the first flush of municipal waste water in the Velenje–Šoštanj sewage system. The sampling was made at the outflow of the combined sewer object Dijaški dom. On the basis of current patterns from the combined sewer Dijaški dom, measurements of basic parameters of municipal waste water were made in CČN Šoštanj laboratory. The measurements were compared to the prescribed limit values for discharges into the Paka River.

We discovered that municipal waste water at the outflow of combined sewer Dijaški dom does not exceed the limit values for the discharge to the disposal. The suspended matter from 28/11/12 presents the only parameter that exceeds the limit values for the discharge into the disposal. This indicates that the sample was taken after a longer period of dry season where a stagnancy of materials in suspension occurred. The value of KPK is also mentionable because it was increased during two periods of time, but the limit values were not exceeded in any period of time. An increased KPK means that there is a great proportion of organic matter among all materials in suspension that are stagnating in the sewage network. All other measured parameters do not exceed the limit values for the discharge into the disposals.

Even though the measurements did not show too much variation from the limit values, a construction of retention basins for rainwater is nevertheless inevitable to ensure a catchment of the first flush. Then we will be able to take the first flush away to the waste water treatment plant and therefore prevent the leaking of pollution from the sewage system to the disposals. In short, it needs to be assured that the municipal water, flowing out of the Velenje–Šoštanj sewage system, has the same quality as the water at the outflow of CČN Šoštanj.

The Velenje–Šoštanj sewage system is a very complicated network because a larger amount of combined sewers is connected successively. In the past, the criteria for spilled water were substantially lower. Combined sewers were dimensioned according to the requirements of that time, and now they do not correspond to the European legislation anymore. They were constructed on the basis of the rules in force from the past, so they do not satisfy modern requirements of EU regarding the preserving of the disposals at overflowing of water from the sewage systems (ATV-A 128). As a result, the overflowing of water causes excessive pollution of the only disposal, the Paka River, in the valley with a so-called first flush. Diluted municipal water that reduces cleaning effects later diverts to the CČN. The inequality of water quantities from CČN causes a hydraulic disproportionate load for CČN Šoštanj.

Applicable legislation also demands appropriate retaining and combined sewer objects at a combined sewage system, in the Decree on the emission of substances in waste water discharged from urban waste water treatment plants (OG RS, no. 45/2007), which in Article 8 specifically requires the construction of buildings for retaining the first downpour of rainwater (first flush).

In short, when the situation in the sewage system will be stable and the inflow to the waste water treatment plant will decrease, the municipal water from the detention basins will flow into the canal that leads to the waste water treatment plant. The waste water will be cleaned at the waste water treatment plant and released into the natural disposal – the Paka River.

Fifteen detention basins are provided for the network, and it has to be emphasized that a renovation of certain channels is urgent because they are in poor condition and not even waterproof. As part of the project documentation for the construction of the detention basins, it is wise to redefine and resize the combined sewer objects, because a great part of the existing combined sewer objects does not work properly. The redundant combined sewer objects will have to be abolished within the constructing of the detention basins and new

objects will have to be build. We will achieve all requirements of environmental and water protection regarding existing legislation and standards.

12 LITERATURA

Amonijev dušik. Analizna metoda: SIST ISO 7150-1 (1984). Originalna navodila: Water quality – Determination of ammonium – Part 1: Manual spectrometric method – SIST ISO 7150-1 (1984).

Amonijev dušik. Tehnika konzerviranja: SIST EN ISO 5667-3:1994 (Water quality-sampling Part 3: Guidance on preservation and handling of samples).

ATV-A 128. 1992. Standards for the Dimensioning and Desing of Stormwater overflows in Combined wastewater sewers: str. 74.

Določanje raztopljenega kisika. Analizna metoda: SIST EN 25814 (1996).

Določitev BPK₅. Tehnika konzerviranja: SIST EN ISO 5667-3:1994 (Water quality-sampling Part 3: Guidance on preservation and handling of samples).

Določitev celotnega fosforja in ortofosfata hach lange. Analizna metoda: SIST ISO 6978-1 (1986). Originalna navodila: Water quality – Determination of phosphorus total/ phosphate ortho – Part 1: Ammonium molybdate spectrometric method – Section three: SIST ISO 6878-1 (1986).

Določitev celotnega fosforja in ortofosfata hach lange. Tehnika konzerviranja po SIST EN ISO 5667-3:1994. (Water quality-sampling Part 3: Guidance on preservation and handling of samples).

Določitev KPK. Tehnika konzerviranja: SIST EN ISO 5667-3:1994 (Water quality-sampling Part 3: Guidance on preservation and handling of samples).

Določitev neraztopljenih snovi. Analizna metoda: SIST ISO 11923 (1998).

Določitev neraztopljenih snovi. Vzorčevanje in tehnika konzerviranja: Tehnika konzerviranja: SIST EN ISO 5667-3:2004 (Water quality-sampling Part 3: Guidance on the preservation and handling of water samples) in SIST ISO 11923 (1998). Water quality – Determination of suspended solids by filtration through glass-fibre filters.

Določitev obarvanosti vode. Originalna navodila: SIST EN ISO 7887 (1996).

Določitev usedljivih snovi. Analizna metoda: DIN 38 409 Teil 9 (1980).

Določitev usedljivih snovi. Tehnika konzerviranja: SIST EN ISO 5667-3:1994 (Water quality-sampling Part 3: Guidance on preservation and handling of samples).

First-Flush Characterization for Stormwater. Medmrežje 2:

http://www.dot.ca.gov/hq/env/stormwater/pdf/CTSW-RT-05-073-02-6_Fist_Flush_Final_9-30-05.pdf (20. 11. 2013).

GIS podatki. 2013. Interni digitalni podatki podjetja. Velenje, Komunalno podjetje Velenje d.o.o.

Kolar, J. (1983). *Odvod odpadne vode iz naselij in zaščita voda*. Ljubljana, Državna založba Slovenije. 523 str.

Kompare, B. (1991). *Modeliranje deževnega odtoka iz urbaniziranih povodij*. Ljubljana. 509 str.

Komunalno podjetje Velenje. 2012: Kanalizacijski sistem Šaleške doline. Medmrežje 3: http://www.kpvelenje.si/index.php?option=com_content&view=article&id=127&Itemid=202 (27. 10. 2012).

Komunalno podjetje Velenje. 2013: Centralna Čistilna Naprava Šaleške Doline. Medmrežje 4: http://www.kpvelenje.si/index.php?option=com_content&view=article&id=126:centralna-istilna-naprava-aleke-doline&catid=67:odvajanje-in-ienjenje&Itemid=201 (27. 10. 2012).

Komunalno podjetje Velenje. 2013: Generalni načrt odvodnjavanja v Šaleški dolini. Medmrežje 5: <http://www.kpvelenje.si/images/stories/Dokumenti/Jasmina/LETO%202011/Izgradnja%20ZBDV%20na%20kanalizacijskem%20sistemu.pdf> (27. 10. 2012).

Lobnik A., (2009). *Navodila za vaje pri predmetu ekologija in okoljevarstvo*.

Maleiner F. (2006a). Dimenzioniranje lagunskih čistilnih naprav v smislu DWA-A-201 ter solarno sušenje biološkega blata iz čistilnih naprav. Seminarska gradiva: 16. strok. Seminar, str. 7.

Maleiner F. (2003b). Razbremenilni objekti v kanalizacijskih omrežjih. Seminarska gradiva: 9. Seminar. Ljubljana, str. 1-36.

Maleiner, F. (2000c). Kanalizacija. Seminarska gradiva: 3. seminar. Ljubljana, str. 1–26.

Maleiner, F. (2000d). Ločeni ali mešani sistem kanalizacije: odvajanje, čiščenje ter odstranitev padavinskih vod. Seminarska gradiva: 4. seminar. Ljubljana, str. 1–29.

Maleiner, F. (2000e). Kanalizacija. Seminarska gradiva: 3. seminar. Ljubljana, str. 1–26.

Merjenje elektroprevodnosti. Analizna metoda: SIST EN 27888 (1993).

Merjenje elektroprevodnosti. Tehnika konzerviranja: SIST EN ISO 5667-3:1994 (Water quality sampling Part 3: Guidance on preservation and handling of samples).

Merjenje pH. Analizna metoda: SIST ISO 10523 (1996).

Merjenje pH. Tehnika konzerviranja: SIST EN ISO 5667-3:1994 (Water quality sampling Part 3: Guidance on preservation and handling of samples).

Merjenje temperature. Analizna metoda: DIN 38 404 Teil 4.

Nitritni dušik. Tehnika konzerviranja: SIST EN ISO 5667-3:1994 (Water quality-sampling Part 3: Guidance on preservation and handling of samples).

Odlok o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne ter padavinske vode v Mestni občini Velenje, Ur. Vestnik MOV, št. 8/09.

Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode. MOP. Ljubljana, 2004, str. 87.

Panjan, J. (2002). *Osnove zdravstveno hidrotehnične infrastrukture: vodovod in čiščenje pitnih voda, odvod in čiščenje onesnaženih voda in komunalni odpadki*. Ljubljana, Univerza v Ljubljani. 289 str.

Petrešin, E. (1999). *Vodovod in kanalizacija*. Ljubljana, AENA založba. str. 270.

Pravilnik o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode in padavinske vode, Ur. l. RS, št. 105-5223/2002, str. 12311.

Pravilnik za projektiranje, tehnično izvedbo in uporabo javnega kanalizacijskega sistema v Mestni občini Velenje, Ur. Vestnik MOV, št. 12/09.

Pravilnik za projektiranje, tehnično izvedbo in uporabo objektov in naprav za izvajanje javne službe odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode (2013), str. 1–3.

Program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne in padavinske vode za leto 2010. KP Velenje. Velenje, 2009, str. 46.

Roš, M. (2001). *Biološko čiščenje odpadne vode*. Ljubljana, GV Založba. 243 str.

Roš, M., D. Zupančič, G. (2010). *Čiščenje odpadnih voda*. Velenje, Visoka šola za varstvo okolja. 330 str.

Slokan I., (2003). *Nizke zgradbe: Temeljenje, vodovod, kanalizacija*. Ljubljana. Tehniška založba Slovenije. str. 152.

Šterbenk, E. 2007: Udejanjanje načel trajnostnega razvoja v malih, antropogeno preobremenjenih porečjih. Centralna čistilna naprava Šaleške doline, osrednji cilj sanacijskega programa Paka. Razprave. Medmrežje 5: http://www.ff.uni-lj.si/oddelki/geo/publikacije/dela/files/Dela_28/22_sterbenk.pdf (27. 10. 2012).

Uradni list Republike Slovenije. Št. 66/2007. Pravilnik o tehnični izvedbi in uporabi javnih objektov in naprav za odvajanje in čiščenje odpadnih komunalnih ter padavinskih voda. Medmrežje 6: <http://www.uradni-list.si/1/content?id=81617> (28. 10. 2011).

Uradni list Republike Slovenije. Št. 74-3983/2007, stran 10506. Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih vod ter o pogojih za njegovo izvajanje.

Medmrežje 7:

ftp://ftp.scv.si/vss/sket_ribizel_natasa/ZAKONODAJA/ZAKONODAJA2/Pravilnik_o_%20prvih_%20meritvah/PRAVIL~1.DOC (28. 10. 2011).

Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav, Ur. l. RS, št. 39/06.

Wikipedija. 2010. Prosta Enciklopedija. Medmrežje 8:

http://sl.wikipedia.org/wiki/Glavna_stran (25. 11. 2012).