

UNIVERZA V NOVI GORICI  
FAKULTETA ZA ZNANOSTI O OKOLJU

Robert MOZETIČ

**TEHNIČNO EKONOMSKA ANALIZA RAZLIČNIH  
POSTOPKOV ČIŠČENJA KOMUNALNIH ODPADNIH VODA  
NA MODELU POVODIJ LIJAKA IN BRANICE**

DIPLOMSKO DELO

Mentor: Prof. dr. Francesco MARANGON  
Sommentor: dr. Massimo VECCHIET

Nova Gorica, 2007

*To delo s hvaležnostjo posvečam mojemu očetu*

## **ZAHVALA:**

Eksperimentalni del diplomskega dela sem opravljal na Fakulteti za študije o okolju, Univerze v Novi Gorici. Potrebne podatke in strokovne nasvete sem pridobil pri več podjetjih in ustanovah. Izmed vseh, bi se posebej zahvalil Pavlu in Mojci iz biroja Projekt, Mojci iz podjetja Euroinvest in Mihaeli iz AT Maribor. Hvala vsem ostalim neimenovanim, ki ste mi kakorkoli pomagali pri izdelavi analiz, z željo, da bodo kdaj komu v korist.

Zahvala gre obema mentorjema, za vodenje in koristne nasvete pri sestavljanju zamisli, ter strokovni pomoči in navodilih, med nastajanjem diplomskega dela.

Hvala tudi Katji, Vasji in Maksu, v upanju, da bomo vsi skupaj, od te zanimive izkušnje odnesli veliko lepega in koristnega. Iskrena zahvala gre mami, ki se nam razdaja v neizmerni ljubezni.

Robert Mozetič

## ABSTRACT

The current pollution of surface waters is mostly caused by different human activities. According to the source of pollution two types can be differed: point and disperse pollution. The source of point pollution is linked to the specific human activity or location whereas the source of disperse pollution is difficult to be traced and pointed to the place of discharge as it is spread on a large area, the most typical discharger being agriculture. For the purposes of this research two small river watercourses of Lijak and Branica have been selected, both forming the hydrographic basin of the Vipava river. Two current samplings of several places down the water area have been applied in this research. Bearing in mind the deficiencies of these results it is possible to claim that major sources of pollution come from neighbouring villages which do not have established centralised wastewater treatment plants. Our analysis has shown that all analysed waters close to the residential areas exceed in faecal contamination with reference to all legal limits for drinking and also bathing waters. The chemical analysis of the same area waters showed high nitrates content followed by higher sulphate concentration. Chloride concentrations were identified within referential values whereas phosphate was not traced in measurable quantities by applying our method. When major point sources have been identified we presented some possible models for wastewater treatment processes that could be applied by the communities in the area of the two river basins. When small communities contemplate decisions to investing in new sewage treatment facility they are faced with a dilemma of determining the best option for them. The option with the lowest investment cost often plays a decisive role without considering high energy consumption, maintenance costs and also terrain wasting. This research covers a complete analysis of investment and maintenance costs for two different wastewater treatment methods, namely using active aeration of sludge and extensive plant depuration. After completing the cost analysis it was established that the majority of residential areas do not make requirements for favourable direct funding from European Regional Development Fund. Another problem established by this research is a small customer base and it is likely that the municipalities would have to increase the residents' sewer bills substantially in order to cover the operating costs. Based on the specificity of the area of dispersed residential areas and water treatment costs a concise plan for both water systems has been prepared. Local communities of this area could compete for the funding of the European Communities with a joint project for the hydrographic basin.

KEY WORDS: Faecal Coliforms, Nitrates Pollution, Population Equivalent, Treatment Plants, Waste Water, Water Legislation

## **POVZETEK**

Človek v modernem času s svojimi aktivnostmi povzroča onesnaževanje voda. Po viru onesnaženja voda razlikujemo točkovno in razpršeno onesnaževanje. Za točkovno onesnaževanje voda je vir enostavno določljiv, medtem ko pri razpršenem določanje vira največkrat ni možno, saj je pogojeno z veliko površino delovanja. Najznačilnejši takšen onesnaževalec je kmetijstvo. Za našo raziskavo smo si izbrali dva manjša vodotoka, Lijak in Branico, z njihovima povodjema, ki pripadata skupnemu vodnemu bazenu reke Vipave. Uporabili smo dve trenutni vzorčeni na več mestih v vodah njune prispevne površine. Zavedamo se morebitnih pomanjkljivosti rezultatov hitrih analiz, kljub vsemu pa lahko zatrdimo, da glavčina celotnega onesnaženja prihaja iz tamkajšnjih vasi, ki nimajo urejenega čiščenja komunalne odpadne vode. Naša analiza je pokazala, da vse vode, ki so bile vzorčene pod naselji, vsebujejo veliko preveč fekalnih koliformnov, glede na zakonske zahteve za pitne, pa tudi za kopalne vode. Kemijska analiza je na mestih pod naselji pokazala visoke vrednosti za nitrat, katerim na nekaterih mestih sledijo tudi povišane koncentracije sulfata. Klorid je bil v priporočenih mejah, fosfata pa v merljivih koncentracijah z našo metodo nismo zaznali. Ko smo označili glavne vire onesnaženja voda, smo predstavili nekaj možnih modelov čiščenja odpadnih voda za majhne skupnosti, ki so razpršene na obeh rečnih bazenih. Ko se manjše lokalne skupnosti odločajo za urejevanje problematike odpadnih voda se srečujejo z dilemo izbiranja najboljše opcije. Pri odločitvah je največkrat odločilna najnižja ponudba za investicijo, brez razmisleka o energijski potratnosti sistema, ceni vzdrževanja in izrabi zemljišča. V pričujočem delu smo izvedli primerjalno ekonomsko analizo stroškov investicije in obratovanja za dva različna sistema čiščenja in sicer sistem z aktivnim blatom, ter rastlinsko čistilno napravo. Po sestavljeni stroškovni analizi smo ugotovili, da večina naselij z obeh povodij ne more kandidirati za ugodna nepovratna sredstva iz Evropskega sklada za regionalni razvoj. Drugi problem predstavlja tudi majhnost naselij, ki bi za pokritje stroškov delovanja čistilne naprave, morala zelo zvišati račune krajanom za čiščenje odpadne komunalne vode. Izhajajoč iz specifičnosti področij z razpršenimi naselji in stroški čiščenja odpadne vode, smo sestavili konstruktiven predlog za obe povodji. Lokalne skupnosti, ki se nahajajo na omenjenih ozemljih, bi za pridobitev sredstev iz skladov ES, lahko kandidirale z notnim projektom povodja.

**KLJUČNE BESEDE:** Čistilne naprave, Fekalni koliformni, Nitrati, Odpadna voda, Onesnaženje, Populacijski ekvivalent, Zakonodaja o vodah

<b>1</b>	<b>UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1	KRONOLOŠKI POTEK DIPLOMSKEGA DELA .....	2
1.2	NAMEN IN CILJ DIPLOMSKEGA DELA .....	2
<b>2</b>	<b>TEORETIČNE OSNOVE.....</b>	<b>3</b>
2.1	EVROPSKA ZAKONODAJA S PODROČJA VARSTVA VODA.....	3
2.1.1	Okvirna vodna direktiva 2000/60/ES .....	3
2.1.1.1	Strategija izvajanja Okvirne vodne direktive .....	3
2.1.1.2	Doseganje ciljev WFD na področju celinskih voda .....	3
2.1.1.3	Doseganje ciljev WFD na področju podzemnih voda.....	4
2.1.2	Ostale pomembne direktive Evropske Skupnosti .....	4
2.2	SLOVENSKA ZAKONODAJA S PODROČJA VODA.....	5
2.2.1	Zakon o varstvu okolja .....	5
2.2.2	Zakon o vodah .....	5
2.2.3	Zakon o gospodarskih javnih službah .....	5
2.2.4	Zakon o urejanju prostora.....	5
2.2.5	Podzakonski akti, ki urejajo področje odpadnih voda .....	6
2.2.5.1	Pravilnik o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode .....	6
2.2.5.2	Pravilnik o obratovalnem monitoringu za odpadne vode.....	6
2.2.5.3	Uredbe, ki se nanašajo na komunalne čistilne naprave .....	7
2.2.5.4	Operativni program odvajanja in čiščenja odpadne vode .....	8
2.2.6	Posebnosti Slovenije pri čiščenju komunalne odpadne vode .....	8
2.3	OPIS OBMOČJA POVODIJ LIJAKA IN BRANICE.....	9
2.3.1	Hidrogeološki opis povodja vodotoka Lijak .....	9
2.3.2	Hidrogeološki opis povodja vodotoka Branica .....	9
2.3.3	Poselitvene značilnosti na povodju Lijaka .....	10
2.3.4	Poselitvene značilnosti na povodju Branice .....	10
2.4	OBREMENJEVANJE VODA .....	11
2.4.1	Vzroki obremenitev površinskih voda.....	11
2.4.1.1	Točkovni viri onesnaženja za območji Lijaka in Branice .....	11
2.4.1.2	Razpršeni viri onesnaženja na območju Lijaka in Branice .....	12
2.4.1.3	Ostale ekološko pomembne obremenitve voda obeh povodij.....	13
2.4.2	Propadanje vodnih teles zaradi obremenitev .....	14
2.4.2.1	Kontrola stanja površinskih voda Goriške regije .....	14
2.4.3	Obremenjevanje podtalnih voda na povodju Lijaka in Branice .....	15
2.5	ČIŠČENJE KOMUNALNE ODPADNE VODE.....	15
2.5.1	Ocena čiščenja komunalnih odpadnih voda v Sloveniji .....	16
2.5.2	Parcialno čiščenje odpadnih voda za individualne objekte .....	16
2.5.2.1	Nepretočne greznice .....	16
2.5.2.2	Pretočne greznice po standardu SIST DIN 4261-3 .....	17
2.5.2.3	Dvoetažni usedalnik (Emšer, Imhoffov usedalnik).....	17
2.5.2.4	Rezultati parcialnega čiščenja .....	18
2.5.3	Ekstenzivne biološke metode čiščenja odpadne vode .....	19
2.5.3.1	Ponikovalni sistemi .....	19
2.5.3.2	Lagune in namakalna polja .....	20
2.5.3.3	Rastlinske čistilne naprave (RČN) .....	20
2.5.4	Intenzivno čiščenje odpadne vode v bioloških čistilnih napravah.....	21
2.5.4.1	Primarno oziroma mehansko čiščenje.....	22
2.5.5	Enostopenjske biološke čistilne naprave .....	24

2.5.5.1	Postopek z aktivnim blatom .....	24
2.5.6	Dvostopenjske biološke čistilne naprave z nitrifikacijo .....	25
2.5.6.1	Nitrifikacija .....	25
2.5.6.2	Sistemi s pritrjeno biomaso .....	26
2.5.7	Biološke čistilne naprave z denitrifikacijo .....	27
2.5.7.1	Denitrifikacija .....	27
2.5.7.2	Sistemi za odstranjevanje dušika s kombinacijo reaktorjev .....	28
2.5.7.3	Saržni biološki reaktorji, SBR (ang. sequencing batch reactor).....	28
2.5.7.4	Bardenpho proces.....	29
2.5.7.5	Oksidacijski jarki .....	29
2.5.8	Biološko odstranjevanje fosforjevih spojin .....	30
2.5.9	Dezinfekcija.....	31
2.5.10	Obdelava blata iz komunalnih čistilnih naprav .....	32
2.5.10.1	Kompostiranje.....	32
2.5.11	Zaključki tehnične analize z izbiro metod za ekonomsko primerjavo.....	32
2.6	<b>EKONOMIKA ČIŠČENJA KOMUNALNE ODPADNE VODE.....</b>	<b>33</b>
2.6.1	Cena odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode .....	33
2.6.2	Pregled operativnega programa za komunalne odpadne vode .....	33
2.6.2.1	Naselja z obremenjenostjo več kot 15.000 PE .....	33
2.6.2.2	Naselja z obremenjenostjo med 2.000 PE in 15.000 PE .....	33
2.6.2.3	Naselja z obremenjenostjo 50 - 2000 PE (> 20 PE/ha) .....	34
2.6.2.4	Naselja z obremenjenostjo 900 - 2000 PE (< 20 PE/ha) .....	34
2.6.2.5	Naselja z obremenjenostjo 450 - 900 PE (10 - 20 PE/ha) .....	34
2.6.2.6	Naselja z obremenjenostjo 50 - 450 PE (10 - 20 PE/ha) .....	34
2.6.3	Financiranje čiščenja komunalne odpadne vode v preteklih letih.....	35
2.6.4	Financiranje v čiščenje komunalne odpadne vode danes .....	35
2.6.4.1	Operativni program za krepitev razvoja okoljske infrastrukture.....	36
2.6.4.2	Kohezijski sklad.....	36
2.6.4.3	Evropski sklad za regionalni razvoj (ESRR).....	36
2.6.4.4	Upravičeni nameni sofinanciranja v okoljsko infrastrukturo .....	37
2.6.4.5	Financiranje iz okoljske dajatve.....	37
2.6.4.6	Višina letne okoljske dajatve za obremenjevanje voda.....	38
<b>3</b>	<b>EKSPERIMENTALNI IN ANALIZNI DEL .....</b>	<b>39</b>
3.1	<b>MATERIALI.....</b>	<b>39</b>
3.1.1	Kemikalije za gojišča .....	39
3.1.2	Pribor in drobna oprema .....	39
3.1.3	Laboratorijska oprema.....	39
3.1.4	Gojišča.....	40
3.2	<b>METODE .....</b>	<b>41</b>
3.2.1	Spremljanje rasti mikroorganizmov .....	41
3.2.1.1	Ugotavljanje prisotnosti koliformnih bakterij s fermentacijo laktoze.....	41
3.2.1.2	Koli titer površinske vode .....	41
3.2.1.3	Štetje kolonij na filtru MF.....	42
3.2.2	Analiza vzorcev glede prisotnih anionov .....	43
3.2.2.1	Standardne raztopine .....	43
3.2.2.2	Meje detekcije ionskega kromatografa .....	43
3.3	<b>VZORČENJE .....</b>	<b>44</b>
3.3.1	Metodologija izbora vzorčnih mest .....	44
3.3.2	Izbor vzorčnih mest in način vzorčenja v jesenskem terminu .....	44
3.3.3	Vzorčenje v pomladnem terminu .....	46

3.4 EKONOMSKA ANALIZA ČIŠČENJA KOV .....	46
3.4.1 Čiščenje komunalne odpadne vode v aglomeraciji Šempas .....	46
3.4.2 Čiščenje komunalne odpadne vode za naselja 50-2000 PE (> 20 PE/ha) .....	47
3.4.3 Čiščenje odpadne komunalne vode za naselja 50-450 PE (10-20 PE/ha) .....	47
3.4.4 Čiščenje odpadne komunalne vode za naselja pod 50 PE .....	47
3.4.5 Ekonomska analiza različnih možnosti investicije za male ČN .....	48
<b>4 REZULTATI IN RAZPRAVA .....</b>	<b>49</b>
4.1 REZULTATI MIKROBIOLOŠKE ANALIZE VODA .....	49
4.1.1 Mikroorganizmi v vodah .....	49
4.1.2 Mikrobiološka analiza voda na povodjih Lijaka in Branice .....	49
4.2 REZULTATI KEMIJSKE ANALIZE VODA .....	52
4.2.1 Klorid v vodah .....	52
4.2.2 Nitrat v vodah .....	53
4.2.3 Sulfat v vodah .....	55
4.3 POVZETKI BIOLOŠKO - KEMIJSKE ANALIZE VODA .....	55
4.4 EKONOMSKA ANALIZA ČIŠČENJA KOMUNALNE ODPADNE VODE .....	56
4.4.1 Primer investicije v intenzivni sistem s SBR čistilno napravo .....	56
4.4.1.1 Investicijski in obratovalni stroški za SBR .....	57
4.4.2 Primer investicije v ekstenzivno rastlinsko čistilno napravo (RČN) .....	59
4.4.2.1 Investicijski in vzdrževalni stroški za RČN .....	59
4.4.3 Investicija v lokalno kanalizacijsko omrežje .....	60
4.4.4 Pregled skupne investicije .....	61
4.4.5 Pridobivanje sredstev za investicijo v čiščenje komunalne odpadne vode .....	63
4.4.5.1 Prihodki iz kanalščine in okoljske dajatve .....	65
4.4.5.2 Amortizacijski načrt .....	66
4.4.6 Primerjava naših rezultatov z dejanskim projektom .....	67
<b>5 ZAKLJUČKI .....</b>	<b>69</b>
<b>6 VIRI IN LITERATURA .....</b>	<b>71</b>
<b>7 PRILOGE .....</b>	<b>i</b>
<b>PRILOGA A: Aglomeracije na povodju Lijaka .....</b>	<b>i</b>
<b>PRILOGA B: Aglomeracije na povodju Branice .....</b>	<b>ii</b>
<b>PRILOGA C: Biološki dejavniki čiščenja odpadne vode .....</b>	<b>iii</b>
<b>PRILOGA D: Onesnaževala v vodnem okolju .....</b>	<b>iv</b>
<b>PRILOGA E: Opis vzorčnih mest na povodju Lijaka .....</b>	<b>v</b>
<b>PRILOGA F: Opis vzorčnih mest na povodju Branice .....</b>	<b>ix</b>
<b>PRILOGA G: MPN za skupne koliformne .....</b>	<b>xi</b>
<b>PRILOGA H: Štetje fekalnih koliformnov na filtru .....</b>	<b>xii</b>
<b>PRILOGA I: Umeritvene krivulje za analizo .....</b>	<b>xiii</b>
<b>PRILOGA J: Koncentracije anionov med jesenskim vzorčenjem .....</b>	<b>xiv</b>
<b>PRILOGA K: Koncentracije anionov med pomladnim vzorčenjem .....</b>	<b>xv</b>
<b>PRILOGA L: Pregled onesnaževal po vzorčnih mestih .....</b>	<b>xvi</b>
<b>PRILOGA M: Investicija v SBR čistilno napravo .....</b>	<b>xx</b>
<b>PRILOGA N: Investicija v rastlinsko čistilno napravo .....</b>	<b>xxi</b>
<b>PRILOGA O: Ocena investicija v kanalizacijsko omrežje .....</b>	<b>xxii</b>
<b>PRILOGA P: Ocena investicije za čistilno napravo Šempas-Vitovlje .....</b>	<b>xxiii</b>
<b>SEZNAM OZNAK IN KRAJŠAV .....</b>	<b>xxiv</b>

# 1 UVOD

Varstvo voda je ena temeljnih nalog za normalen obstoj človeštva, zato moramo skrb za kvaliteto vodo v primernih količinah prevzeti vsi. Slovenija je zelo vodnata dežela, tako da količinsko stanje ni vprašljivo, pač pa se porajajo dvomi o kvaliteti razpoložljive vode in namenu njene rabe (Globevnik in sod., 2006). Stanje voda v Sloveniji je bilo tekom lanskega in v začetku letošnjega leta ocenjeno glede na okoljske cilje, ki jih opredeljuje Okvirna vodna direktiva (2000/60/ES, Official Journal of EC), katera predstavlja ključno smernico na področju varstva voda za celotno Evropsko skupnost. Za oceno doseganja okoljskih ciljev pomembnejših vodnih teles, je bila na podlagi razpoložljivih podatkov izdelana lestvica možnosti doseganja predpisanih ciljev.

Važna dejavnika onesnaževanja naših površinskih in podzemnih celinskih voda sta odpadne komunalne vode in intenzivno kmetijstvo. Gotovo je onesnaževanje voda iz velikih mestnih aglomeracij bolj zaskrbljivo od primestnih in vaških skupnosti, kar seveda ne pomeni, da lahko te zanemarimo. Velik delež prebivalstva Slovenije živi na območjih razpršene poselitve, ki so običajno hkrati tudi povirja večjih vodotokov. Pritoki večjih vodotokov ustvarjajo mrežo večjih in manjših potokov, ki kljub majhnosti lahko pomembno prispevajo k končnemu onesnaženju glavnega vodotoka. Večkrat se izkaže, da so prav ta območja relativno ohranjena in ekološko bogata, ter marsikje kot taka uvrščena med posebna varstvena območja (Kompore in sod, 2007). Za varovanje naravne ohranjenosti, biološke pestrosti in dobrega ekološkega stanja voda na tovrstnih območjih, moramo posvetiti posebno pozornost odvajanju in čiščenju odpadnih voda, saj ima lahko čezmerno onesnaženje manjšega potoka usodne posledice na celoten rečni bazen (Masotti in sod, 2005).

To diplomsko delo obravnava možnosti in cilje v skrbi za čistejše vode na območju vaške in kmečke poselitve. V našem vzorčnem modelu smo poskušali obravnavati dve manjši povodji vodotokov, ki zaradi majhne prispevne površine nista pod direktnim vplivom nalog iz Okvirne vodne direktive. Lijak in Branica sta pritoka reke Vipave v njenem srednjem toku, ter sta tako del njenega povodja, le ta je del povodja reke Soče, ki je glavni vodotok vodozbirnega območja Jadranskega morja. Za obe obravnavani območji sta značilni redka in razpršena poselitve, ki je le mestoma strnjena v večje vaške aglomeracije, ter različne oblike kmetijske dejavnosti, od ekstenzivne do intenzivne.

Vsako vodno telo ima naravno določene limite prisotnih onesnaževal, do katerih še ni podvrženo stopnji propadanja. Z naravovarstvenega in uporabnega vidika, stopnje samočistilne sposobnosti vodotoka ne smemo preseči. Ker so samočistilni procesi v okolju manj intenzivni in počasnejši, lahko le to sprejme samo manjše količine onesnaženja (Marangon in sod., 2002). Če jih presežemo, pride do preobremenitve in degradacije okolja, zato smo samočistilne sposobnosti voda in tal poskušali uporabiti, ne da bi pri tem okolje občutilo negativne posledice. Rezultat, pridobljen iz analiz, bo potrdil ali ovrgel tezo o nujnosti ureditve problema čiščenja odpadne komunalne vode, z ureditvijo kanalizacije in čistilnih naprav, ne glede na zakonske zahteve. Analiza bo tudi pokazala prispevek onesnaževanju vod s hranivi, ki izvirajo bodisi s kmetijskih zemljišč ali naselij.

Ključna misel, ki se prepleta skozi diplomsko delo, je možnost za okoljsko primeren, tehnološko napreden in ekonomsko upravičen način čiščenja komunalnih odpadnih voda, v povezavi s sonaravnimi oblikami kmetovanja.



## 1.1 KRONOLOŠKI POTEK DIPLOMSKEGA DELA

V teoretičnem delu se seznanimo z zakonodajo s področja voda splošno in čiščenjem komunalnih odpadnih voda. Opisane so možne obremenitve vodotokov in operacijski programi vlade RS za zmanjševanje onesnaženja in pritiskov na vode. Prikazane so najprimernejše oblike čiščenja komunalnih odpadnih voda za manjša naselja, pa tudi potrebni postopki za zmanjševanje onesnaženja s kmetijskih površin. Financiranje programov izgradnje čistilnih naprav s pripadajočo kanalizacijo bremeni proračune lokalnih skupnosti. Za investicije v okoljske projekte obstajajo sredstva iz skladov Evropske Skupnosti. Skladi so podrobneje opisani, prav tako način črpanja sredstev. Za boljše razumevanje povezanosti vseh zgoraj opisanih segmentov je teoretični del precej obširen.

Eksperimentalni del je sestavljen iz več delov, katerih skupni cilj je prikazati obremenjevanje vodotokov z onesnaževanjem iz različnih virov. Za pridobivanje informacij smo uporabili razpoložljive vire in rezultate lastne analize, ki je zajemala:

- vzorčenje vode s prispevnega območja obeh rek,
- vrednotenje onesnaženosti voda s kemijsko in biološko analizo,
- ugotavljanje točk in virov največjih obremenitev, glede na rezultate analize,
- predlog za dva različna postopka čiščenja komunalne odpadne vode iz naselij,
- izdelava ekonomske analize dveh različnih postopkov čiščenja za vsa naselja.

Razprava o dobljenih rezultatih smiselno poveže izsledke laboratorijskih analiz onesnaženja in fizičnega stanja na terenu z zakonskimi omejitvami in ekonomskimi možnostmi za doseganje čistih površinskih voda, kot skupnega končnega cilja.

## 1.2 NAMEN IN CILJ DIPLOMSKEGA DELA

Kot cilj tega diplomskega dela, smo si zadali izdelati povezan sistem načinov in metod za zmanjšanje komunalnega in kmetijskega onesnaževanja, na zaključenem območju povodij vodotokov Lijaka in Branice v Vipavski dolini. Poselitev na površini obeh povodij je zelo razpršena in zajema le manjša naselja od 18 do 1000 prebivalcev (Register aglomeracij, 2006). Tako redka poselitev zahteva specifične pristope pri obdelavi komunalnih odpadnih voda. Dokazati želimo, da je decentralizirana oblika čiščenja komunalnega onesnaženja primernejša od gradnje velikih sistemov. Naselja za katere se čiščenje odpadnih voda zakonsko predvideva, bomo povzeli iz operacijskih okoljskih programov in za vsa tudi izvedli ekonomsko analizo z dvema različnima metodama obdelave odpadnih voda.

Tehnično ekonomska analiza čiščenja odpadnih voda bi lahko predstavljala vzorčni model za projektiranje in financiranje različnih sistemov, ki jih sicer ločujejo meje lokalnih skupnosti, v naravi pa so del enega rečnega bazena. Največkrat je relativno enostavno sestaviti dober projekt, ki se kasneje zaustavi pri virih financiranja. Poskušali bomo dokazati, da bi združevanje projektov za čiščenje odpadnih komunalnih voda mimo meja lokalnih skupnosti, lahko prineslo občutno pospešitev, v skrbi za odstranjevanje onesnaženja ter posledično čistejše vode.

## 2 TEORETIČNE OSNOVE

### 2.1 EVROPSKA ZAKONODAJA S PODROČJA VARSTVA VODA

#### 2.1.1 Okvirna vodna direktiva 2000/60/ES

Okvirna vodna direktiva, WFD ( *ang. Water Framework Directive*), je nastala na podlagi trajnostne vloge, ki jo mora skrb za vode dosežati, tako da medsebojno poveže dolgoročne okoljske cilje in emisijske kazalce izražanja kvalitete. Vodna direktiva postavlja vodo za človekovo dediščino, ki jo je treba varovati.

Skupni cilj Okvirne vodne direktive, je postavitve sistema za gospodarjenje z vodami, s katerimi bi preprečili nadaljnje onesnaževanje vseh vodnih teles in dosegli dobro ekološko stanje voda najkasneje do leta 2015. Na ta način predstavlja WFD osnovni dokument, katerega smoter je ohraniti in izboljšati vodno okolje v ES, s poudarkom predvsem na kakovosti voda, kvantiteta razpoložljive vode pa predstavlja pomoč, pri zagotavljanju dobre kakovosti vode. Za vsako povodje si je potrebno prizadevati, da se doseže dobro stanje vode, tako da se uskladi ukrepe za doseganje potrebne kvalitete površinske in podzemne vode istega ekološkega, hidrološkega in hidrogeološkega sistema.

##### 2.1.1.1 Strategija izvajanja Okvirne vodne direktive

WFD združuje dva osnovna koncepta, pri čemer prvi kombinira standarde kakovosti voda z emisijskimi, medtem ko drugi koncept ponuja zahtevo po trajnostnem razvoju, tako da združuje potrebe sedanjega človeka brez ogrožanja prihodnjih generacij. Z namenom izvajanja WFD je bila med Evropsko komisijo in državami članicami ES dogovorjena skupna strategija izvajanja. Izvajanje WFD še vedno ostaja odgovornost držav članic, strategija pa je potrebna zaradi razvoja skupnih pristopov in izmenjave informacij. Sprejetih je bila vrsta Strokovnih navodil (*Guidance Documents*), ki predstavljajo pomoč za izvajanje skupne politike do voda v ES. Namen teh navodil je zagotoviti celovit metodološki pristop, ki mora biti prirejen specifičnim razmeram posameznih držav članic.

Okvirna vodna direktiva posebej določa način obravnave emisij iz različnih virov onesnaženja. Kriteriji za obravnavo emisij se lahko spreminjajo, prepuščeni pa so podzakonskim aktom. Za doseganje dobrega stanja vseh vodnih virov skladno z WFD so države članice ES do leta 2015 zavezane zagotoviti uveljavitev upravljanja s povodji in preprečevanje onesnaženja na celotnem območju ES.

##### 2.1.1.2 Doseganje ciljev WFD na področju celinskih voda

Pred začetkom izvajanja WFD, so bile v vseh državah članicah ES določene kategorije, z oceno trenutnega stanja, da bi se prilagodilo vrste monitoringa za vodna telesa. Ko bo na voljo več rezultatov novih programov monitoringa, se bodo kategorije ocene stanja vodnih teles verjetno nekoliko spremenile. Operativni monitoring zagotavlja jasen in izčrpen pregled ekološkega in kemijskega stanja v vsakem vodnem telesu, kar omogoča potrditev ali spremembo trenutne ocene, ki temelji na dosedanjih rezultatih. Rezultati pregleda stanja bodo omogočili pristojnim organom, da začnejo načrtovati programe ukrepov za tista vodna telesa, ki ne bodo izpolnila okoljskih kriterijev.

Trenutna ocena je posledica najslabšega možne slike, kjer preseganje enega samega parametra zadošča za vzbuditev dvoma, po izpolnitvi predpisanih kriterijev. Čeprav v procesu začetnega opisa značilnosti voda še primanjkuje zanesljivih podatkov, je gotovo, da nekatera slovenska vodna telesa ne bodo dosegla sprejemljivega okoljskega stanja, če tam ne bodo izvedeni hitri ukrepi.

### 2.1.1.3 Doseganje ciljev WFD na področju podzemnih voda

Okvirna vodna direktiva predpisuje varovalne zahteve z namenom doseganja dobrega kemijskega in količinskega stanja podzemnih voda. Zahteva, da so identificirane površinske vode in kopni ekosistemi, ki so odvisni od podzemnih voda, ter da je vsakršno njihovo onesnaženje zaradi podzemnih voda analizirano in ovrednoteno.

Dobro kemijsko stanje bo doseženo, ko bodo podzemne vode ustrezale standardom kakovosti. Tu so opredeljene mejne vrednosti za nitrati in pesticide. Dobro količinsko stanje pomeni, da je doseženo ravnotežje med odvzemom in obnavljanjem količin podzemnih voda. Odvzem vode bi moral biti v normalnih razmerah veliko manjši od razpoložljive količine podzemnih voda, pod nobenimi pogoji pa količina odvzete vode ne bi smela presežati obnovljivega volumna podzemnih voda.

### 2.1.2 Ostale pomembne direktive Evropske Skupnosti

Poleg Okvirne vodne direktive 2000/60/ES, za področje krovne politike upravljanja z vodami obstajajo še dokumenti, ki podrobneje posegajo v posamezna področja upravljanja z vodami v ES. Za naše področje raziskave so pomembnejše direktive:

1. Direktiva Sveta ES 91/271/EEC je namenjena obdelavi komunalne odpadne vode. Sestavljena je iz dela, ki obravnava komunalno onesnaženje iz večjih mestnih aglomeracij in iz dela, ki je namenjen manjšim skupnostim, med 500 in 5.000 PE. Cilj direktive je varstvo okolja pred škodljivimi vplivi odvajanja biološko razgradljivih odpadnih voda. Direktiva določa roke v zvezi z izgradnjo ustreznih kanalskih omrežij in komunalnih čistilnih naprav, za izpuste v vode pa določa mejne emisijske vrednosti.

2. Direktiva Sveta EGS 91/676/EEC, bolj znana kot Nitratna direktiva. Namen navodil iz direktive je zmanjšanje onesnaženosti voda z nitrati zaradi kmetijske dejavnosti in nadaljnje preprečevanje takšnega onesnaženja. Bistvena pravila ravnanja se nanašajo predvsem na skladiščenje gnojevke in način ter letne termine gnojenja kmetijskih površin, upoštevaje načela dobre kmetijske prakse.

3. Direktiva Sveta EGS 86/278/EEC ureja možnosti za uporabo blata iz čistilnih naprav v kmetijstvu. Dokument določa mejne vrednosti vnosa nevarnih snovi, predvsem težkih kovin, ki jih lahko vnesemo v tla z uporabo blata iz čistilnih naprav.

4. Direktiva Sveta EGS 79/869/EEC določa merilne metode ter pogostost vzorčenja in izdelave analiz površinske vode, namenjene za oskrbo s pitno vodo, v državah Evropske Skupnosti. Spremljanje kakovosti površinske tekoče vode je potrebno, da se zavaruje izvire in vodne ekosisteme, v skrbi za zdravje prebivalcev.

## 2.2 SLOVENSKA ZAKONODAJA S PODROČJA VODA

Področje odvajanja in čiščenje komunalne odpadne vode urejajo predpisi, izdani na podlagi zakona o varstvu okolja, zakona o vodah, zakona o gospodarskih javnih službah in zakona o urejanju prostora.

### 2.2.1 Zakon o varstvu okolja

Ta zakon ureja varstvo okolja pred obremenjevanjem kot temeljni pogoj za trajnostni razvoj in v tem okviru določa temeljna načela varstva okolja, ukrepe varstva okolja, spremljanje stanja okolja in informacije o okolju, ekonomske in finančne instrumente varstva okolja, javne službe varstva okolja in druga z varstvom okolja povezana vprašanja. Ureja tudi postopek presoje vplivov na okolje, kjer se oceni vplive nameravanega posega v okolje. Važnejši deli s področja voda so še izvajanje hidrološkega monitoringa in ustanovitev Ekološkega sklada Republike Slovenije, ki je javni finančni sklad in opravlja naloge spodbujanja razvoja na področju varstva okolja.

### 2.2.2 Zakon o vodah

Zakon smiselno ureja upravljanje z vodami v Republiki Sloveniji. S stališča čiščenja komunalnih odpadnih vod je predvsem bistven v prepovedi odvajanja teh vod neposredno v površinske vodotoke ali v podtalnico. Prepoveduje tudi rabo fitofarmacevtskih sredstev in gnojenja v neposredni bližini površinskih voda ali na območjih, kjer bi taka uporaba lahko ogrozila podtalnico. Za odvajanje čiščene odpadne vode v vodotok je po 194. členu tega zakona potrebno pridobiti ustrezno vodno dovoljenje. Skrbnik za izvajanje zakona o vodah je inštitut za vode RS, na samem terenu pa za to skrbijo inšpektorji in nadzorniki, pristojni za vode.

### 2.2.3 Zakon o gospodarskih javnih službah

Zakon ureja način in oblike izvajanja gospodarskih javnih služb. Z gospodarskimi javnimi službami se zagotavljajo materialne javne dobrine v smislu proizvodov in storitev, ki so v javnem interesu RS, oziroma občine ali druge lokalne skupnosti. Gospodarske javne službe se določijo z zakoni s področja energetike, prometa in zvez, komunalnega in vodnega gospodarstva, varstva okolja ter z zakoni, ki urejajo druga področja gospodarske infrastrukture. Pri zagotavljanju javnih dobrin in storitev je pridobivanje dobička podrejeno zadovoljevanju javnih potreb. Gospodarske javne službe se zato financirajo s ceno javnih dobrin, iz proračunskih sredstev in iz drugih virov, določenih z zakonom ali odlokom lokalne skupnosti.

### 2.2.4 Zakon o urejanju prostora

Ta zakon ureja prostorsko načrtovanje in uveljavljanje prostorskih ukrepov za izvajanje načrtovanih prostorskih ureditev, zagotavljanje opremljanja zemljišč za gradnjo ter vodenje sistema zbirk prostorskih podatkov. V njem se določa tudi pogoje za opravljanje dejavnosti prostorskega načrtovanja in določa prekrške v zvezi z urejanjem prostora in opravljanjem dejavnosti prostorskega načrtovanja. Namen urejanja prostora je omogočati skladen prostorski razvoj z usklajevanjem gospodarskih, družbenih in

okoljskih vidikov razvoja. Usmerjanje razvojnih procesov in z njimi povezanih prostorskih ureditev mora izhajati iz uravnoveženosti razvojnih potreb. Nova poselitve se usmerja v poselitvena območja, zunaj poselitvenih območij je izjemoma dopustna gradnja, med drugim tudi objektov okoljske javne infrastrukture. Prostorski akti in druge odločitve o zadevah urejanja prostora morajo temeljiti na predpisih, analizah in strokovnih dognanjih o lastnostih in zmogljivostih prostora in okolja.

## **2.2.5 Podzakonski akti, ki urejajo področje odpadnih voda**

### **2.2.5.1 Pravilnik o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode**

V tem pravilniku (Ur. list RS, št. 105/02, 50/04), so določene zahteve po odvajanju in čiščenju komunalne odpadne in padavinske vode, ki morajo biti izpolnjene pri opravljanju storitev obvezne lokalne javne službe. Storitve javne službe se nanašajo na komunalno odpadno vodo, ki nastaja v stavbah zaradi bivanja in opravljanja dejavnosti.

Komunalna odpadna voda, je odpadna voda iz gospodinjstev in njej po naravi ali sestavi podobna voda iz proizvodnje ali storitvene ali druge dejavnosti ali mešanica teh odpadnih voda z odpadno vodo iz proizvodnje ali s padavinsko odpadno vodo. Nastaja v bivalnem okolju gospodinjstev zaradi rabe vode v sanitarnih prostorih, pri kuhanju, pranju in drugih gospodinjstevskih opravilih. Če je voda, ki nastaja v objektih v javni rabi, po nastanku in sestavi podobna vodi iz gospodinjstev, se tudi šteje za komunalno odpadno vodo.

Naselje, v katerem je letna obremenitev zaradi nastajanja komunalne odpadne vode, preračunana na 1 ha zemeljske površine, večja od 20 PE, mora biti opremljeno z javno kanalizacijo za odvajanje komunalne odpadne vode, če celotna obremenitev, ki tam nastaja, presega 50 PE. Komunalna odpadna voda, ki nastaja v stavbi, se mora odvajati v javno kanalizacijo ali pa neposredno v malo komunalno čistilno napravo, ki je v upravljanju lastnika stavbe. Komunalna odpadna voda, ki nastaja v stavbi v naselju, opremljenem z javno kanalizacijo, se mora odvajati v javno kanalizacijo. Če je več stavb na geografsko zaokroženem območju, odpadne vode teh stavb ni potrebno odvajati v javno kanalizacijo in se ta lahko čisti v skupni mali komunalni čistilni napravi.

Izvajalec javne službe mora za stavbe v naselju ali njegovem delu, ki ni opremljeno z javno kanalizacijo, ter za stavbo ali za funkcionalno zaokroženo skupino stavb, tudi če so izven naselja, zagotoviti:

- redno praznjenje nepretočnih greznic,
- prevzem blata iz pretočnih greznic, najmanj enkrat na štiri leta,
- prevzem blata iz malih komunalnih čistilnih naprav, najmanj enkrat na štiri leta,
- obratovalni monitoring za male komunalne čistilne naprave.

### **2.2.5.2 Pravilnik o obratovalnem monitoringu za odpadne vode**

Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih vod ter o pogojih za njegovo izvajanje (Ur. list RS št. 35/96, 29/00, 106/01, 74/07) določa vrste parametrov odpadnih vod, ki so predmet prvih meritev ter obratovalnega monitoringa odpadnih vod, metodologijo vzorčenja in merjenja parametrov in količin odpadnih vod. Pridobljene podatke poročila o prvih meritvah in emisijskem monitoringu, je potrebno sporočiti ministrstvu za okolje in prostor. Pravilnik določa tudi strokovne in referenčne pogoje, ki jih mora izpolnjevati oseba, ki izvaja prve meritve ali emisijski monitoring.

### 2.2.5.3 Uredbe, ki se nanašajo na komunalne čistilne naprave

1. Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo (Ur.list RS št. 47/05, 45/07), za vire onesnaževanja določa:

- mejne vrednosti emisije snovi v vode in v javno kanalizacijo
- mejne vrednosti za emisije snovi in toplote
- prepovedi, omejitve in druge ukrepe zmanjševanja emisije snovi in toplote
- vsebino in način pridobivanja okoljevarstvenega dovoljenja

Emisija snovi in toplote se določa na iztoku iz čistilne naprave za industrijske ali komunalne odpadne vode, brez predhodnega razredčevanja odpadne vode. Meritve emisij se morajo izvajati na urejenih in stalnih merilnih mestih, pri tem se parametri za odpadne vode določajo, glede na način iztoka očiščene vode iz naprave.

2. Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav (Ur.list RS št. 45/07), nadomešča predhodno uredbo o emisiji snovi pri odvajanju vod iz komunalnih čistilnih naprav (Ur. List št. 35/96, 90/98, 31/01, 41/04). Določbe te uredbe veljajo za komunalne čistilne naprave, namenjene za čiščenje:

- komunalne odpadne vode
- mešanice komunalne in industrijske odpadne vode, ki se odvaja v javno kanalizacijo
- mešanice komunalne in padavinske odpadne vode, ki se zbira in odvaja na komunalno čistilno napravo po mešanem kanalizacijskem sistemu
- mešanico komunalne in industrijske odpadne vode, ki se odvaja v javno kanalizacijo, s padavinsko odpadno vodo, ki se zbira in odvaja na komunalno čistilno napravo po mešanem kanalizacijskem sistemu.

Uredba podaja zahteve glede mejne vrednosti parametrov in učinka čiščenja odpadne vode. Določa posebne ukrepe v zvezi z načrtovanjem in obratovanjem komunalnih čistilnih naprav in postavlja posebne zahteve pri odvajanju industrijske odpadne vode v komunalne čistilne naprave. V uredbi so opisana občutljiva območja za evtrofikacijo. Za posebne zahteve o emisiji snovi v vode iz komunalnih čistilnih naprav, ki niso urejena s to uredbo, se uporablja uredbo o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod.

3. Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih vod iz malih komunalnih čistilnih naprav (Ur.list RS št. 103/02, 41/04), določa posebne zahteve v zvezi z emisijo snovi pri odvajanju odpadnih vod iz malih komunalnih čistilnih naprav:

- mejne vrednosti parametrov odpadne vode
- mejne vrednosti učinka čiščenja odpadne vode

Mala komunalna čistilna naprava je naprava za obdelavo komunalne odpadne vode z zmogljivostjo čiščenja manjšo od 2.000 PE, v kateri poteka biološka razgradnja s pospešenim prezračevanjem ali biološka razgradnja z naravnim prezračevanjem. Poudarjene so posebne zahteve v zvezi z lastnim nadzorom obratovanja malih komunalnih čistilnih naprav in izvajanjem monitoringa emisij iz malih čistilnih naprav.

Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi odvajanja odpadnih voda (Ur. list RS, št. 123/04, 142/04, 68/05, 77/06), nadomešča stari predpis o okoljski taksi za obremenjevanje vode (Ur.list RS št. 41/95, 44/95, 8/96, 124/00, 49/01), ter določa višino, način obračunavanja, odmere in plačevanja okoljske dajatve, ki je posledica odvajanja odpadnih voda v javno kanalizacijo, v površinske vode ali s ponikanjem v podzemne vode. Uredba določa tudi pogoje za vračilo plačane okoljske dajatve.

#### 2.2.5.4 Operativni program odvajanja in čiščenja odpadne vode

Operativni program (OP) odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode je na področju varstva voda pred onesnaženjem eden od ključnih izvedbenih aktov za doseganje ciljev iz Nacionalnega programa varstva okolja. Nanaša se na varstvo površinskih in podzemnih voda pred vnosom dušika in fosforja zaradi odvajanja komunalne odpadne vode, na vodovarstvenih območjih in območjih kopalnih voda pa tudi pred onesnaženjem voda s fekalnimi bakterijami.

Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode je izvedbeni akt, s katerim so določena poselitvena območja, za katere je treba zagotoviti v rokih iz tega programa odvajanje komunalne odpadne vode v kanalizacijo in čiščenje v čistilni napravi s kapaciteto, ki je določena s tem programom, ter način porabe javnih sredstev, ki so namenjena financiranju objektov javne kanalizacije.

Ureditev odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode je za Slovenijo največja okoljska investicija glede na višino potrebnega vložka. Investicija je dolgoročna in zanjo velja koordinacija ukrepov države in lokalnih skupnosti za postopno doseganje ciljev varstva okolja pred obremenjevanjem zaradi nastajanja komunalne odpadne vode.

Cilj tega programa je v Sloveniji zagotoviti take pogoje izvajanja ukrepov izpolnjevanja okoljskih ciljev, ki so v Evropski uniji usklajeni na podlagi direktiv v okviru WFD. Finančna sredstva, v letnem povprečju v obdobju izvajanja tega programa od 2005 do 2017 ne smejo presegati višine sredstev, ki so bila že v letu 2003 na voljo investicijam in investicijskemu vzdrževanju objektov javne kanalizacije. Tako so s programom dana izhodišča za razporeditev ter smotrno porabo finančnih sredstev, ki so trenutno na voljo za investicije in vzdrževalna dela na področju komunalnega opremljanja za namene odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode.

#### 2.2.6 Posebnosti Slovenije pri čiščenju komunalne odpadne vode

Slovenija je glede odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode specifična predvsem zaradi svoje razpršene poselitve, saj skoraj polovica prebivalstva živi v krajih z manj kot 2.000 prebivalci. Značilno podeželska območja predstavljajo 30,5 % celotnega ozemlja države in zajemajo kar 38,5 % vsega prebivalstva (Kompore B., 2007). Taka razpršena poselitev narekuje drugačen pristop k odvajanju in čiščenju odpadnih voda, kot jih predvideva ES in jih je Slovenija povzela v ustreznih predpisih.

**Preglednica 2.1** Mejne vrednosti za iztočne vode iz čistilnih naprav

Parameter	Enota	Male ČN do 2.000 PE	Srednje ČN 2.000-10.000 PE	Večje ČN 10.000-100.000 PE
Neraztopljena snov	mg / L	Ni določeno	60	35
KPK	mg O <sub>2</sub> /L	150	125	110
BPK <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	30	25	20
Celotni dušik	mg N/L	Ni določeno	15	15
Amonijev dušik	mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /L	Ni določeno	10	10
Celotni fosfor	mg P /L	Ni določeno	2	2
Učinek čiščenja celotnega dušika	min %	Ni določeno	70	70
Učinek čiščenja celotnega fosforja	min %	Ni določeno	80	80

Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih vod iz komunalnih čistilnih naprav (Ur.list RS 45/07), opredeljuje le čistilne naprave nad 2.000 PE. Zaradi omenjene specifične razpršene poselitve v Sloveniji, je bila že pred sprejemom te nove uredbe sprejeta Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih vod iz malih komunalnih čistilnih naprav (Ur.list RS 103/02, 31/04), ki zajema naselja med 50 in 2.000 PE. Vsaka uredba zase postavlja različne mejne vrednosti za parametre iztočne vode iz ČN, glede na velikost čistilne naprave (**Preglednica 2.1**).

## 2.3 OPIS OBMOČJA POVODIJ LIJAKA IN BRANICE

### 2.3.1 Hidrogeološki opis povodja vodotoka Lijak

Izvir Lijaka je kraški prelivni izvir s kraškim rovom v globini 90 metrov, kar je tudi hidrološka in hidrogeološka zanimivost. Zanj so značilni nenavadno visoki, a kratkotrajni pretoki. Raziskovalci razlagajo izvir Lijak kot visokovodni preliv za kraške vode, ki sicer odtekajo proti izvirov Mrzleka v dolini Soče (Janež in sod., 1997). Izviri ostalih pritokov Lijaka so najpogosteje plastni izviri, ki se pojavljajo na stiku neprepustnih plasti glin ali laporjev s poroznimi vodonosnimi kamninami apnencev in dolomita. Neprepustne plasti so nagnjene proti izviru in podzemna voda zaradi težnosti odteka skozi prepustno kamnino nad neprepustno plastjo. Zaradi sorazmerno majhne prostornine kamninskih por, ki jih izpolnjuje podzemna voda, je izdatnost plastnih izvirov odvisna od padavin, kar je posebno značilno za pritoke Lijaka. Ob daljši suši tovrstni izviri presahnejo.

Do izvira Lijaka pridemo, če se iz naselja Loke odpravimo pod vinogradi proti Šmihelu, ali pa gremo peš tik ob strugi do samega izvira. Ime je vodotok dobil po lijakasto oblikovanih strmih, mestoma prepadnih stenah zatrepa nad izvirov. Območje izvira Lijaka je zavarovano kot naravni spomenik. Od velikega števila različnih kraških izvirov se vode postopoma združijo v enotni tok Lijaka. Vsi pritoki so prepredeni čez celotno Šempasko polje v zgornjem toku in Dolenje polje v spodnjem toku Lijaka. Potočki so urezani v nepropustne flišne plasti in imajo, podobno kot glavni tok Lijaka, zaradi melioracij v preteklosti, večinoma žal umetne struge brez meandrov in poplavnih predelov, kakršna je bila nekoč celotna ravnica. Prispevna površina povodja Lijaka je ocenjena na 50 km<sup>2</sup> (vir: GURS, TOPO 25).

### 2.3.2 Hidrogeološki opis povodja vodotoka Branica

Reka Branica loči Vipavsko dolino od nizkega komenskega Krasa. Povodje reke Branice je precej pestro in ga lahko v grobem geomorfološko razdelimo na tri dele:

- Braniška dolina, ozka, flišna ravnica,
- flišni gričevnat svet Vipavskih brd, mestoma prepreden s krednimi apnenci,
- severni rob komenskega Krasa iz jurskih in krednih apnencev.

Gornja Braniška dolina zaključuje severni rob Kraške planote, kjer se ta spušča v Vipavska brda. V zgornjem delu preide dolina Branice v tektonsko zasnovano dolino Raše, ki je zarezana v kredne apnenčaste plasti, tako da tvori globoko kotlino, ki je nepropustna le zaradi eolskih nanosov rosice in je geološko zanimiva, ker je edini površinski, delno presihajoči vodotok nizkega Krasa. Raša se izliva v reko Branico, ki ima neizrazit izvir, katerega sestavlja več potočkov, ki izvirajo pod vasjo Štjak.



Za razliko od nizkega komenskega Krasa in doline Raše je za Braniško dolino značilna flišnata pokrajina, prepletena s številnimi večjimi in manjšimi vodotoki, ki imajo izvir v Vipavskih brdih in se zlivajo v reko Branico. Pod naseljem Spodnja Branica se ozka dolina nekoliko razširi in preide v ravnico, ki je po svoji geološki sestavi, prsti in vodnih virih podobna Vipavski dolini. Tudi sama uporaba prostora je podobna, le da je vse prostorsko bolj omejeno. Branica se v predelu Soteska, pri vasici Saksid, izliva v reko Vipavo in tam zaključuje mikropovodje, ki je obravnavano v tem diplomskem delu. Območje Vipavskih gričev, imenovanih tudi Vipavska brda, je delno še urezano z apnenčastimi jeziki v prevladujoči mehak fliš. Tak matični substrat je omogočil erozijskim procesom izoblikovati specifično površje. Posledica različnih erozijskih procesov, je danes zelo razgiban svet gričev in številnih razvejanih, v dolino spuščajočih se grebenov in grap z bogato naravno vegetacijo, pa tudi mediteransko klimo, ki omogoča aktivno kmetijsko rabo, predvsem v vinogradništvu. Prispevna površina reke Branice s pritoki je ocenjena na 50 km<sup>2</sup>, če upoštevamo še nestalni pritok Rašo, pa njeno celotno povodje obsega skoraj 100 km<sup>2</sup> (vir: GURS, TOPO 25).

### **2.3.3 Poselitvene značilnosti na povodju Lijaka**

Geopolitično je samo povodje Lijaka razdeljeno med tri občine. Območje izvira in glavnih pritokov spada v MO Nova Gorica, pretežni del nižinskega toka, vključno z večjim delom akumulacije Vogršček je na ozemlju novo nastale občine Renče-Vogrsko, preostali del akumulacijskega jezera pa je v občini Ajdovščina. Na območju plastovnih izvirov pod masivom Trnovskega roba se nahajajo večja naselja Ozeljan, Šempas, Osek in Vitovlje. V okolici glavnega pritoka Lijaka, potoka Globočnik, so naselja Ajševica in Loke. Območje sredinskega dela povodja nima naselij, je pa za Šempasko polje, ki se tu razteza, značilno intenzivno kmetijstvo z urejenim namakalnim sistemom. V spodnjem delu toka je še večje naselje Vogrsko, z manjšimi zaselki v neposredni okolici. Pred izlivom v reko Vipavo je zopet večje območje kmetijskih površin, znanih kot Dolenje polje. Splošno lahko območje povodja opredelimo kot kmečko, z manjšimi strnjenimi naselji. Nekoliko večja naselja so Šempas s 1066 prebivalci, Ozeljan s 778 in nižinski del naselja Vitovlje vključno z vasjo Osek, ki imata skupaj podobno število prebivalcev kot Ozeljan.

### **2.3.4 Poselitvene značilnosti na povodju Branice**

Ozemlje povodja reke Branice je razdeljeno med tri upravne enote, ki so hkrati precej podobne osnovni geološki razdelitvi. Tako je Braniška ravnica pod upravo MO Nova Gorica, območje Vipavskih brd pripada pretežno občini Ajdovščina, del pa občini Vipava, komenski Kras, pa že iz pokrajinskega imenovanja, občini Komen. Na območju slednje so najmanjša naselja, z le nekaj hišami, ki tvorijo vaško jedro. To so vasi Koboli, Večkoti, Čehovini, Dolanci in Trebižani. V zaledju Vipavskih brd so naselja Zavino, Vrtovče, Gabrje in Šmarje, ki imajo od sto do dvesto prebivalcev. Ob sami reki Branici je nastalo več naselij, od katerih je samo Branik s 1000 prebivalci večja vas, medtem ko sta Spodnja Branica in Saksid z dobrimi sto prebivalci manjši naselji. Na vzpetini nad Branikom se razprostira še vas Preserje, ki z zaselki Sv. Martin in Urh šteje 457 ljudi. Tudi za območje povodja reke Branice velja splošna ocena o kmečkem, predvsem vinogradniškem področju, z več manjšimi vasmimi. Te so v predelu zgornjega toka starejše in vsebujejo staro vaško jedro, tista na območju spodnjega toka reke Branice, pa so novejša in se razprostirajo na večjih površinah.

## 2.4 OBREMENJEVANJE VODA

Evropska skupnost se je prva v svetu začela zavedati katastrofalnega stanja na področju kvalitete voda, tako da varstvo voda vnesla v svoj pravni red in obvezuje vse članice k doseganju ciljev Okvirne vodne direktive. Veliko k onesnaženju voda prispeva neurejeno čiščenje komunalnih odpadnih voda, z direktnimi izpusti organskega onesnaženja v površinske vode in izpiranje hraniv iz kmetijskih površin v površinske in podtalne vode. V vodah so zelo nevarna onesnažila tudi ostanki fitofarmaceutskih sredstev, težke kovine in površinsko aktivne snovi.

### 2.4.1 Vzroki obremenitev površinskih voda

Pomemben dejavnik obremenjevanja voda je biološko onesnaženje iz naselij, vnosi hraniv iz razpršenih virov in kemijske obremenitve iz industrijskih odpadnih voda. Razlogov za morebitno negativno oceno stanja površinskih voda je več, pripisati pa jih gre tudi hidrološkemu in morfološkim elementom, kot so odvzemi vode, spremenjene naravne morfološke lastnosti struge ali obale vodotoka. Rezultati začetnega opisa značilnosti voda, glede na smernice WFD, so pokazali, da je v večini primerov nedoseganje okoljskih ciljev posledica prepletanja več obremenitev (Globevnik in sod., 2006). Med vsemi obremenitvami bomo pri analizi območja povodij Lijaka in Branice, največji poudarek dali komunalnim obremenitvam iz naselij in razpršenim virom iz kmetijstva, saj zaradi specifičnosti razpršene poselitve obstaja možnost prepletanja.

#### 2.4.1.1 Točkovni viri onesnaženja za območji Lijaka in Branice

Točkovne obremenitve voda so tiste, pri katerih je znano kje obremenitev nastaja, katera onesnažila so v njej in kje točno zaide v vodotok. Nekatere take obremenitve so čistilne naprave, strnjena naselja s kanalizacijo in prostim iztokom v površinske vode, odlagališča komunalnih odpadkov in druge. Na obeh obravnavanih področjih komunalnih čistilnih naprav še ni, edino odlagališče komunalnih odpadkov pa ima svojo ČN za izcedne vode. Za obravnavo točkovnih virov ostanejo še strnjena naselja, ki so za potrebe programa odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode, izraženi s pojmom aglomeracija. Ta predstavlja zaokroženo območje tako zgoščene poselitve, da zanj veljajo posebna določila in dinamika iz WFD in UWWTD ( *ang. Urban Wastewater Treatment Directive*), ki posebej opredeljuje področje goste poselitve, kot točkovnega vira. Aglomeracije so naselja ali deli naselji, ki se morajo po določilih operativnega programa za odvajanje in čiščenje komunalne odpadne vode, opremiti z javno kanalizacijo. Od velikosti aglomeracije je odvisno, do kdaj je potrebno zagotoviti odvajanje in čiščenje komunalnih odpadnih voda, po standardih, ki jih določata UWWTD in slovenska zakonodaja s Pravilnikom o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne in padavinske vode (Ur.list RS, št. 105/02).

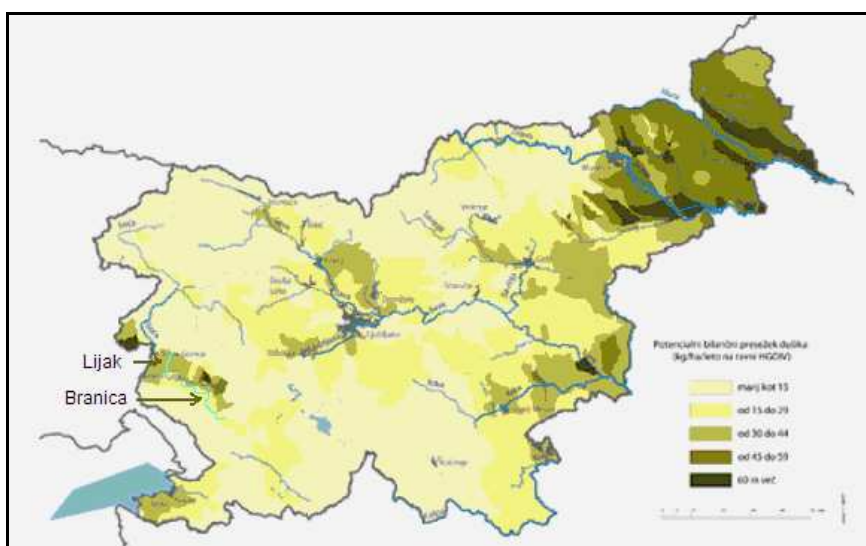
Za namene strateškega načrtovanja investicij v infrastrukturo odvajanja in čiščenja odpadne vode je bila izdelana analiza gostote prebivalcev v celotni aglomeraciji in maksimalna gostota glede na vsak hektar površine Slovenije. Ta prikaz je za območji Lijaka in Branice označen v **prilogah A** in **B**. Poskušali bomo dokazati, da je operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode upravičen in glavna obremenitev površinskih voda s strani biološkega in kemijskega onesnaževanja izvira prav iz naselij, pa čeprav so ta relativno majhna (**Poglavje 2.3**).

#### 2.4.1.2 Razpršeni viri onesnaženja na območju Lijaka in Branice

Razpršeni viri imajo pomembnejšo vlogo kot točkovni viri z vidika vnosa hraniv, pesticidov in drugih oblik fito-kemičnih pripravkov v vode. V okviru prvega pregleda obremenitev površinskih voda iz razpršenih virov onesnaževanja je sestavljena ocena pritiskov zaradi dušika iz kmetijstva (Kazalci okolja, 2005). Glede na presežke dušika, ki so bili ugotovljeni v izračunu bilance dušika, se lahko opredelijo območja, kjer prihaja do močnega izpiranja tega hraniva iz območja koreninskih sistemov in obstaja resna nevarnost za onesnaženje voda.

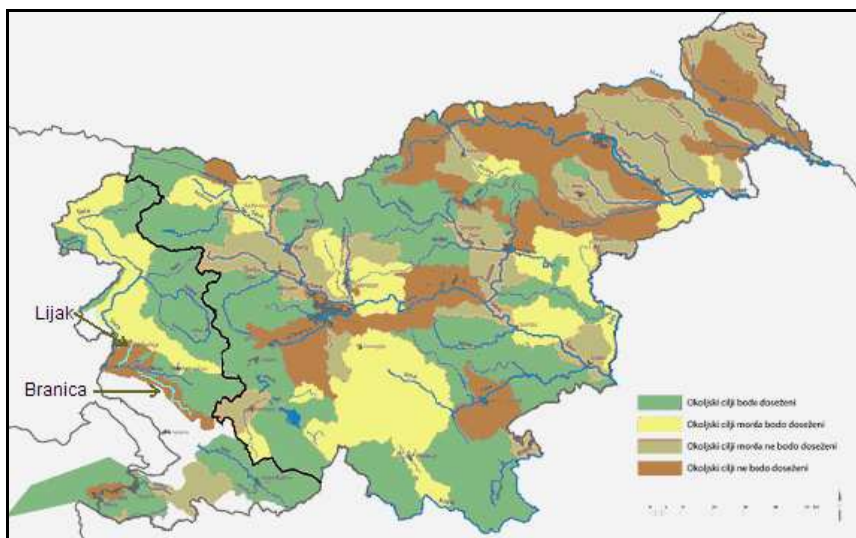
Izpiranje je zlasti intenzivno jeseni in čez zimo, ko ni aktivnega sprejema dušika v rastline, obenem pa je evapotranspiracija majhna, zato je takrat presežek vode največji. Drugo obdobje, ko se v Sloveniji tudi pojavi nevarnost izpiranja, je v aprilu in maju, ko imamo padavinski maksimum. V tem času je nevarnost izpiranja dušika pomembna predvsem pri poljščinah oz. vrtninah, ki v tem času še niso prekoreninile celotne površine tal in v ekstremnih primerih se z njiv lahko izpere tudi do 70% dodanega dušika. V nasprotju z njivami, na travnikih ni izrazitega izpiranja, tudi pri presežkih dodanega dušika (Rejec Brancelj, 2001).

Celotno ozemlje Slovenije je določeno kot ranljivo območje, kjer dopusten vnos dušika z živalskimi gnojili ne sme presegati 170 kg/ha. Za ozemlje Slovenije velja tudi operativni program za varstvo voda pred onesnaženjem z nitrati iz kmetijske proizvodnje (Ur.list RS št. 68/96). Trendi gibanja vsebnosti nitratov so zaskrbljujoči, saj so ponekod še vedno v porastu. Obremenitve iz razpršenih virov z dušikom so ugotovljene pretežno na SV delu Slovenije. Na prispevnem vodnem območju Jadranskega morja so obremenitve ugotovljene predvsem na območjih spodnjega toka obalnih rek, ter na vseh prispevnih območjih vodnih teles Vipave, pri čemer vodni bazen Lijaka, na desni strani srednjega toka reke Vipave, izkazuje potencialne presežke dušika med 30 in 45 kg/ha. Branica je, kot pritok Vipave z njene leve strani, skupaj z vso ožjo dolino, označena s svetlejšo barvo, kjer so presežki dušika med 15 in 30 kg/ha (**Slika 2.1**).



**Slika 2.1** Potencialni bilančni presežek dušika iz kmetijske dejavnosti: zemljevid predstavlja oceno presežka dušika glede na prve ocene izvajanja WFD v Sloveniji (vir: Globevnik in sod., 2006)

Kmetijstvo predstavlja največji del izmed razpršenih obremenitev. Pogosto so poleg kmetijskih površin tudi kmečke hiše in naselja, ki s svojo raztresenostjo pomembno prispevajo k povečanju onesnaževanja vodotokov zaradi razpršene obremenitve. V tem segmentu prav povodji Lijaka in Branice izrazito odstopata od ostale Vipavske doline, pa tudi od vseh ostalih območij Jadranskega vodozbirnega območja, saj sta na zemljevidu doseganja okoljskih ciljev iz razpršenih obremenitev označena z rjavo barvo, ki pomeni, da okoljski cilji vsaj do leta 2015 ne bodo doseženi (**Slika 2.2**).



**Slika 2.2** Ocena sposobnosti doseganja okoljskih ciljev določenih po WFD, glede na obremenitve vodotokov, zaradi vpliva zaledja (vir: Globevnik in sod., 2006)

#### 2.4.1.3 Ostale ekološko pomembne obremenitve voda obeh povodij

Obremenitve, ki ne pomenijo direktnega onesnaženja, pač pa pomembno prispevajo k ekološki oceni voda, so predvsem ekonomska izraba, ter hidrološke in morfološke spremembe na vodnih telesih. Na območju Slovenije so hidrološke obremenitve zlasti odvzemi vode iz površinskih vodotokov, za potrebe malih hidroelektrarn, vzrejo sladkovodnih rib, namakanje kmetijskih zemljišč, za potrebe tehnoloških procesov in pripravo pitne vode. Hidrološke obremenitve so tudi melioracijski sistemi in regulacije vodotokov z zajezitvami, ki spremenijo dinamiko toka vode (Kazalci okolja, 2005). Morfološka obremenitev na vodotokih so pregrade na vodotokih s stalnim jezerom za pregrado. Take so zadrževalne pregrade z mokrimi zadrževalniki, namenjenimi namakanju, ali le zadrževanju visokih vod.

Lijak je hidrološko obremenjen vodotok, saj je bil zaradi poplavljanja v gornjem toku, popolnoma spremenjen med melioracijo v osemdesetih letih prejšnjega stoletja. Hidrološke spremembe so vidne v umetni, ravni strugi, s posameznimi pregradami za upočasnitev toka in brežine utrjene s skalami. Branica je manj hidrološko spremenjena, sicer pa ima tudi njena struga postavljenih nekaj jezov, ki so v preteklosti služili kot zajetje, predvsem za pogon mlinov in napajanje živine. Na prispevnem območju Lijaka je morfološka obremenitev pregrada zadrževalnika Vogršček (**Slika 2.3**), katerega jezero je opredeljeno kot umetno telo in torej ne bo dosegel ciljev WFD. Nižinski predeli v povirju Lijaka, ki so bili v preteklosti podvrženi melioracijskim posegom, so skoraj v celoti pokriti s sistemom namakanja iz tega zadrževalnika. To predstavlja edino ekonomsko rabo vode, ki pa zaradi neupoštevanja dobre kmetijske prakse in problemov z upravljanjem ne deluje tržno, kar pomeni, da vodo vsi uporabljajo, tržne cene vode in okoljske dajatve, pa ne plačuje nobeden. Prav tako niso urejene inšpekcijske službe nadzora. Vodo iz Branice in njenih pritokov se v posameznih

primerih, predvsem ob obdobjih poletne suše, še vedno uporablja za zalivanje zemljišč. Taka uporaba je vprašljiva glede na ekološki pretočni minimum. Zakon o vodah v 71. in 84. členu prepoveduje rabo, ki lahko poslabša ekološko ali kemijsko stanje voda.



**Slika 2.3** Morfološka obremenitev pregrade zadrževalnika Vogršček (vir: Globevnik in sod., 2006)

#### 2.4.2 Propadanje vodnih teles zaradi obremenitev

Biološko razgradljive snovi, bogate s hranivi, povečajo aktivnosti različnih, tudi patogenih mikroorganizmov. Prav tako povzročajo razrast alg v naših vodah, čemur posledično sledi pomanjkanje raztopljenega kisika in propadanje vodotokov. Pojav se imenuje eutrofikacija in jo lahko zajezimo le s pravilnim čiščenjem odpadnih komunalnih voda in kontrolo izpiranja s kmetijskih zemljišč. Če so vode poleg biološkega onesnaženja obremenjene še z jezovi in pregradami, ki upočasnjujejo tok, je pojav še izrazitejši. Jezera za pregradami zaradi nezadostnih možnosti samoočiščenja propadajo, saj je mešanje nezadostno in so nižje ležeče plasti podvržene gnitju zaradi anaerobnih razmer. Iz večine voda obravnavanih področij so prav zaradi pomanjkanja raztopljenega kisika izginile skoraj vse salmonidne vrste rib. Za opredelitev eutrofnega iztoka obstajajo mejni parametri, določeni z Uredbo o emisiji snovi iz komunalnih ČN (**Preglednica 2.2**).

**Preglednica 2.2** Mejne vrednosti parametrov za določitev eutrofikacije površinske vode

Parameter	Oznaka	Enota	Mejna vrednost
Celotni fosfor	P	mg/L	0,20
Ortofosfat	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/L	0,46
Amonij	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L	0,60
Nitrat	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	9,00

##### 2.4.2.1 Kontrola stanja površinskih voda Goriške regije

Monitoring kvalitete površinskih voda se izvaja z namenom določanja trenutnega stanja kvalitete vode, uporabljen pa je za pripravo kriterijev in standardov za vrednotenje kvalitete vode, z namenom spremljanja sprememb in ugotavljanja aktivnosti, ki potekajo v prispevnem območju. Načini in obseg izvajanja imisijskega monitoringa za površinske vode so določeni v Pravilniku o monitoringu kemijskega stanja površinskih voda (Ur. List RS, št. 42/02). V pravilniku so določene tudi mejne vrednosti splošnih, prednostnih in indikativnih parametrov. Za površinske vode goriške regije, ki so vključene v državni monitoring je ocenjena biološka kakovost glede na izvedene

analize organskega onesnaženja ugodna. Razvrščajo se v pretežno v drugi kakovostni razred, razen Hublja v Ajdovščini, ki se razvršča v tretji kakovostni razred. Za analizo povodij Lijaka in Branice, ki ne spadata med vodotoke, za katere je obvezen monitoring, smo izvedli analizo nekaterih pomembnejših parametrov, ki so opisani v eksperimentalnem delu. V okviru dveh projektov iz Sklada za male projekte Phare, je ZZV Nova Gorica skupaj z občinami tega področja, izvedel monitoring nekaterih manjših vodnih teles na Goriškem. Rezultati so pokazali, da imajo vode, ki so jih izbrali za spremljanje stanja, relativno dobro kemijsko, na pa tudi mikrobiološko stanje, kar kaže predvsem na fekalno onesnaženje. (Koglot J., 2007).

### 2.4.3 Obremenjevanje podtalnih voda na povodju Lijaka in Branice

V večini primerov tvorijo podtalne in površinske vode medsebojno odvisen sistem, v katerem imajo podzemne vode neposreden vpliv na ekologijo površinskih voda in obratno. Mnogi kopni ekosistemi, kot na primer močvirja, se napajajo s podtalnimi vodami. Onesnaženje vodnih zalog ali pretiran odvzem vode ima lahko škodljive učinke za tak ekosistem. V Sloveniji se približno 97 % pitne vode pridobi iz podtalnih voda (SURS, Stat. informacije št. 207/05) in vsako nenadno onesnaženje ali prekoračitev odvzema lahko povzroči ekološko katastrofo.

V celotni Goriški regiji se nahajata dve vodni telesi podtalne vode. Izvir Zadlaščica, ki pripada vodnemu telesu Julijske Alpe v porečju Soče, je vključen v mrežo državnega monitoringa in po vseh parametrih predstavlja visoko kakovosten vir pitne vode (ARSO, 2005). Drugo vodno telo podtalne vode so Goriška Brda in Trnovsko-Banjska planota. Posamezni kraki vodnega telesa se razširjajo tudi na ozemlju porečja reke Vipave, tako da je celotno območje Lijaka in velik del Braniške doline del te podzemne vode. Kakovost podtalnice v Vipavski dolini se spremlja na devetih merilnih mestih (Koglot J., 2007). Na področju obravnavanih vodotokov je v podzemnih vodah opaziti povečano vsebnost nitratov, s koncentracijami med 10 in 20 mg/L. (Globevnik L., 2006).

## 2.5 ČIŠČENJE KOMUNALNE ODPADNE VODE

Odpadna voda, ki je produkt človeške rabe za zadovoljevanje higienskih, prehranskih in ostalih osnovnih potreb, se v vsakem primeru vrača ponovno v vodni krog. Pojavi se vprašanje, do kakšne stopnje čiščenja moramo seči, da nam čiščene odpadne vode ne bi povzročale nikakršne škode v okolju. Splošno metode čiščenja odpadnih vod delimo na tri segmente: primarno, sekundarno in terciarno čiščenje (**Preglednica 2.3**).

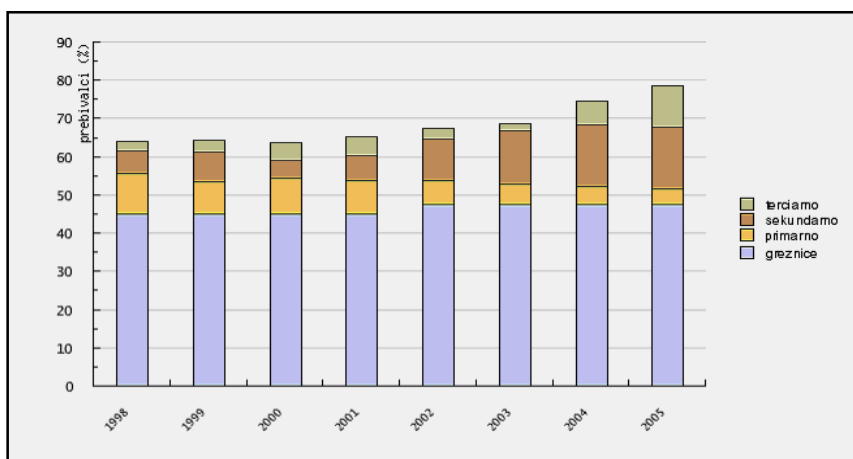
**Preglednica 2.3** Osnovni principi čiščenja odpadne vode, glede na stopnjo in metode čiščenja (vir: Tchobanoglous in sod., 2003)

STOPNJA ČIŠČENJA	METODA ODSTRANJEVANJA	OPIS POSTOPKA ČIŠČENJA
Primarno	Fizikalno in kemijsko	Predčiščenje, kot odstranjevanje peska in vejevja, flotacija olja in masti, delno usedanje
		Dodajanje kemičnih spojin za pospešitev usedanja
Sekundarno	Fizikalno in biološko	Odstranitev biološko razgradljivega organskega materiala in večji del dušikovih spojin
Terciarno	Fizikalno in kemijsko	Filtracija, ultrafiltracija, dezinfekcija
	Biološko in kemijsko	Popolna odstranitev dušikovih in fosforjevih hraniv ter ostalih raztopljenih trdnih snovi

V praksi je v uporabi delitev, ki se omejuje na način čiščenja odpadne vode, kot fizikalno, kemijsko ali biološko čiščenje (**Preglednica 2.3**). Kakršno koli metodo bomo na določenem mestu uporabili, mora končni produkt, to je očiščena voda, zadovoljevati osnovne okoljske standarde, ki so določeni z uredbo o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo (Ur.list RS št. 47/05, 45/07).

## 2.5.1 Ocena čiščenja komunalnih odpadnih voda v Sloveniji

Iz strokovne ocene ARSO je poznan le delež prebivalcev, katerih odpadne vode se že prečiščujejo na čistilnih napravah, razvrščenih glede na stopnjo čiščenja po metodologiji iz UWWTD. Prikazani so tudi podatki o čiščenju komunalnih odpadnih voda v greznicah, ki ga lahko opredelimo kot delno biološko čiščenje (**Slika 2.4**). Naprave, ki so namenjene le primarnemu čiščenju usedljivih delcev se v modernejših postopkih opuščajo ali dopolnijo z dodatno stopnjo. Sekundarno čiščenje je v splošnem biološko ter odstrani pretežni del obremenitev z organskimi snovmi in manjši del dušikovih spojin. Terciarno čiščenje, poleg vseh organskih obremenitev, odstrani tudi pretežni del hraniv.



**Slika 2.4** Stopnje obdelave odpadnih voda v Sloveniji (vir: ARSO, 2007)

## 2.5.2 Parcialno čiščenje odpadnih voda za individualne objekte

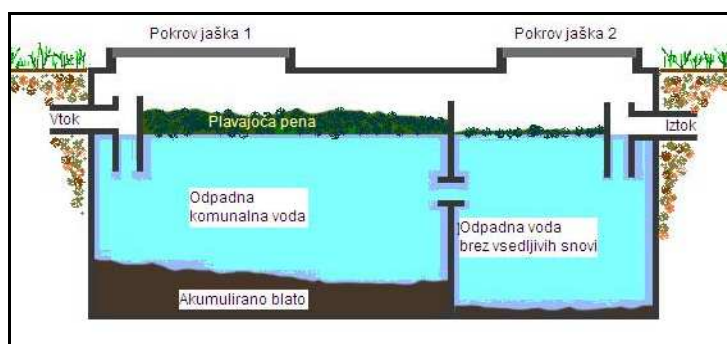
### 2.5.2.1 Nepretočne greznice

V Sloveniji so kot samostojne naprave za zbiranje hišne vode, kjer ni kanalizacije, možni zbiralniki brez iztoka. To so nepretočne greznice, ki služijo samo za zbiranje in zadrževanje odpadne vode, ne pa tudi za čiščenje. Njihova dobra stran je le nepropustna konstrukcija, zaradi česar ne povzročajo škode v neposrednem okolju. Največja pomanjkljivost nepretočnih greznic je pogosto praznjenje in s tem povezani visoki obratovalni stroški. S finančnega vidika predstavljajo nepretočni zbiralniki za odpadne vode najdražjo obliko ravnanja s hišnimi odpadnimi vodami, tako z investicijskega, operativnega in nenazadnje tudi okoljskega vidika. Pogosta praznjenja nepretočne greznice predstavljajo obremenitev s hrupom, izpušnimi in gniliščnimi plini, ter prevozi na ČN, ki je prirejena za sprejem grezničnih gošč. Iz vseh teh pogledov je razvidna majhna uporabnost nepropustnih greznic in je njeno umeščanje resnično smiselno le v izjemnih primerih (Kompore in sod., 2007).

### 2.5.2.2 Pretočne greznice po standardu SIST DIN 4261-3

Pretočna greznica je naprava za čiščenje komunalne odpadne vode brez prezračevanja, v kateri se komunalna odpadna voda mehansko očisti in delno anaerobno obdela. Pretočne greznice so sprejemljivejše od nepretočnih, tako iz investicijskega, če so pravilno dimenzionirane in vzdrževane, pa tudi z okoljskega vidika. Slovenska zakonodaja jih v novih programih čiščenja komunalne odpadne vode sploh ne predvideva, čeprav se trenutno čisti v takih sistemih skoraj polovica vseh odpadnih voda.

V pretočnih greznicah se odpadna voda pretaka skozi dva ali več prekatov in se tako čisti mehansko, ter delno biološko. Postopek čiščenja se prične v prvem prekatu. Usedljive trdne snovi, ki z odpadno vodo pritečejo v greznico, se v njenem začetnem delu sedimentirajo na dnu in tam tvorijo plast usedlega blata. Maščobe in drugi suspendirani lahki materiali pa priplavajo na površje, kjer ustvarijo plast pene (Kompore in sod., 2007). K dvigu teh materialov prispevajo tudi mehurčki plina, ki se tvori ob anaerobni razgradnji v sedimentiranem blatu. Mehansko čiščenje se nadaljuje tudi s pretakanjem v sledečih prekatih, kjer pa je teh snovi vedno manj (**Slika 2.5**). Volumen usedlega blata se pod vplivom anaerobne presnove vztrajno zmanjšuje. Že pri triprekatnih greznicah je zadnja komora praviloma brez skorje in usedlin, kar pomeni, da skoraj ni več anaerobne razgradnje, s čimer je tudi neprijetno zaudarjanje iztoka minimalno. Pretočne greznice je praviloma potrebno prazniti, ko je z usedlinami zapolnjeno med polovico in tremi četrtinami koristne prostornine. Ob praznjenju je treba v vseh prekatih pustiti manjšo plast zmešanega blata, ki služi za nadaljevanje procesa čiščenja ob ponovni uporabi greznice. Spuščanje svežega ali pregnitega blata iz greznic v kanalizacijo je prepovedano z uredbo o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo (Ur.list RS št. 47/05, 45/07).



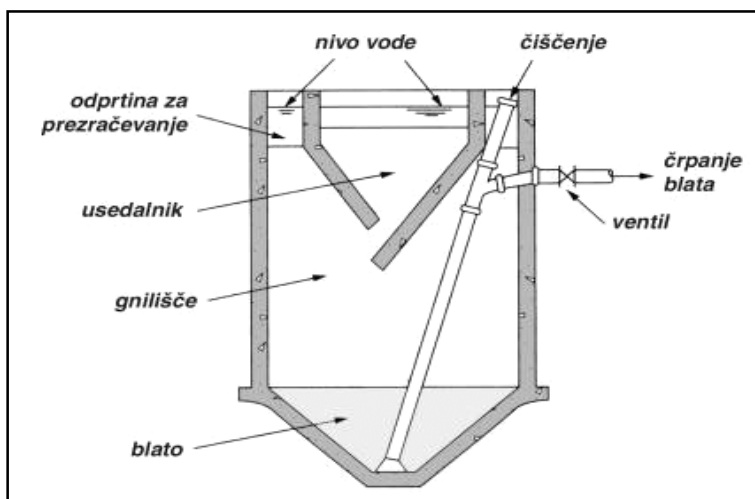
**Slika 2.5** Shema dvoprekatne pretočne greznice

### 2.5.2.3 Dvoetažni usedalnik (Emšer, Imhoffov usedalnik)

Čiščenje hišnih odpadnih vod v dvoetažnem usedalniku je podobno procesom v greznicah. Razlikuje se le v tem, da je dvoetažni usedalnik sestavljen iz zgornje in spodnje komore, ki sta medsebojno povezani tako, da se dovoljuje prehod trdih in težjih organskih snovi v spodnjo komoro, tam nastajajoči plini pa ne morejo prehajati v zgornjo. Zgornja je namenjena sedimentaciji, ki poteka hitro, ter zato voda ostaja sveža, spodnja pa anaerobni presnovi. Dvoetažni usedalniki, namenjeni individualnim hišam in manjšim poslopijem, so običajno okrogle oblike in narejeni iz plastičnih materialov. Dno zgornjega, usedalnega dela je nagnjeno in omogoča, da usedlo blato zdrsne v gnilišče. Potreben je večji naklon dna zgornjega dela, da lahko sveže blato hitro zdrsne v gnilišče in ohranja vodo pri vrhu svežo, ter v tem pogledu deluje hkrati kot usedalnik in bistrilnik (**Slika 2.6**).



Ne glede na to, da sta komori neposredno povezani in se v spodnji komori vrši anaerobni proces, voda v zgornji komori na ta način ostaja v aerobnem stanju, skoraj sveža in odteka iz naprave brez suspendiranih delcev, z malo neprijetnega vonja. Plin, ki nastane v procesu anaerobne presnove v spodnji komori, se odvaja skozi posebne prezračevalne jaške, največkrat s povezavo na strešne oddušnike (Kompore in sod., 2006). Tehnološka prednost pred greznico je v tem, da sveža voda ni podvržena procesom gnitja in ne onesnažuje okolice z neprijetnim vonjem. Mehansko prečiščena voda gre v nadaljnje faze čiščenja, ki so lahko enaki kot pri pretočnih greznicah. Če namesto različnih oblik ponikanja uporabimo rešitev z rastlinsko čistilno napravo, lahko končno očiščeno vodo uporabljamo za namakanje.



**Slika 2.6** Shema dvoetažnega Imhoffovega usedalnika (vir: Radonić, 1983)

#### 2.5.2.4 Rezultati parcialnega čiščenja

Tako greznice kot dvoetažni usedalniki so primerni samo za določene vrste terena oz. le tam, kjer lahko prečiščena voda varno ponika. Za občutljiva območja, kot so vodovarstvena območja ali Kras, je potrebna višja stopnja čiščenja odpadne vode kot zmorejo greznice. Na teh območjih je potrebno odpadno komunalno vodo očistiti vsaj do II. stopnje, kar pomeni, odstraniti organsko onesnaženje, na evtrofno občutljivih območjih, pa vse do terciarne stopnje, ki pomeni odstranjevanje hraniv.

Parcialni sistemi čiščenja za individualne objekte omogočajo predsem sedimentacijo in le delno biološko čiščenje. Kljub vsemu, pa se v predstavljenih usedalnikih dogajajo tudi mikrobiološke aktivnosti z delno porabo substrata. V **preglednici 2.4** je predstavljen delež čiščenja za posamezne parametre. Podobni rezultati veljajo tudi za fizikalno čiščenje v bioloških čistilnih napravah (**Poglavje 2.5.4.1**).

**Preglednica 2.4** Vrednosti deleža čiščenja za komunalno odpadno vodo z parcialnimi individualnimi sistemi

Prisotna onesnaževala	Delež čiščenja s hišnimi sistemi (%)
Raztopljene trdne snovi	40 - 70
BPK <sub>5</sub>	25 - 40
KPK	20 - 35
Dušik organskega izvora	10 - 20
Fosfor	5 - 10
Koliformne bakterije	50 - 60

### 2.5.3 Ekstenzivne biološke metode čiščenja odpadne vode

Vsi naravni in tudi sonaravni vodni elementi imajo veliko samočistilno sposobnost. Trije glavni sestavni deli, substrat, mikrobi in rastline, so sposobni zmanjšati količino hranilnih in strupenih snovi s pomočjo filtracije, različnih metabolnih aktivnosti mikroorganizmov v anaerobnih, anoksičnih ali oksičnih razmerah, ter s pomočjo vgradnje v bakterijsko, rastlinsko in živalsko biomaso (**Priloga D**).

Uporaba naravnih samočistilnih ekstenzivnih metod v dejanskem procesu čiščenja odpadnih voda je znana že tisočletja, vse od prvih grajenih naselij. Glede na velikost teh naselij, količino porabljene vode in način zbiranja odplak, so še do nedavnega principi filtriranja skozi nasutje in prst popolnoma zadoščali. Za način življenja v moderni dobi tako poenostavljeni sistemi filtriranja in počasnega pronicanja ne zadoščajo več. Kljub vsemu pa velja opozorilo, da včasih gradnja velikih intenzivnih centralnih sistemov z obsežnim tehničnim vložkom ni edina in večkrat niti najugodnejša rešitev čiščenja odpadnih voda. Upoštevati velja zmožnosti narave same. Ekstenzivne biološke metode čiščenja komunalne odpadne vode so umetno zgrajeni sistemi, ki sicer delujejo podobno, kot velike biološke čistilne naprave, le da tu prevladujejo pogoji okolja in je vpliv človeškega faktorja s tehnološkim vložkom minimalen. K ekstenzivnim sistemom sodijo predvsem:

- ponikovalni vodi in filtrski jarki
- lagune in namakalna polja
- rastlinske čistilne naprave
- vodna telesa z vegetacijskim pasom, za uporabo v kmetijstvu.

#### 2.5.3.1 Ponikovalni sistemi

Pretočne greznice ali Imhoffovi usedalniki, ne nudijo zadostnega čiščenja odpadne vode, za varen izpust v okolje. Ugodna je rešitev v kombinaciji z ekstenzivnimi biološkimi oblikami čiščenja, predvsem ponikanjem ob ponikovalnih vodih, ali pa podobnimi filtrskimi jarki. Ponikovalni vodi so v teren izkopani jarki, po katerih so položene drenažne cevi. Vanje se steka odpadna voda, očiščena v greznici ali usedalniku. Čiščenje v ponikovalnih vodih se dogaja med ponikanjem in precejanjem skozi zemljo. Ponikovalni vodi se uredijo v vrhnjem sloju zemljišča, kjer je dovolj kisika in veliko število aerobnih mikroorganizmov (**Slika 2.7**).

Skozi metabolične procese (**Priloga C**), ki potekajo v takem okolju, se sloj biomase počasi povečuje, tako da se okolica sistema v doglednem času zasiti in je glede na obremenitve potrebno drenažni sloj ob ponikovalnem vodu obnoviti (Kompore B., 2007). Voda ob iztoku iz greznice vsebuje suspendirane organske snovi, hraniva in mikroelemente, ki jih mikroorganizmi v tleh predelajo v anorganske gradnike in biomaso, ki ju v končni fazi razgradnje lahko opazimo kot humus.

Za razliko od ponikovalnih vodov, kjer voda ponika razpršeno, na večji ploskvi izbranega terena, gre pri ponikovalnih filtrih za točkovno ponikanje. Biološka razgradnja v ponikovalnih filtrih je običajno nekoliko manjša in zato je ta oblika ponikanja manj primerna kot zaključek čiščenja za individualne objekte ali manjše skupnosti.



**Slika 2.7** Shema ponikovalnih vodov po iztoku iz greznice (vir: [www.ainspect.com](http://www.ainspect.com))

### 2.5.3.2 Lagune in namakalna polja

Naravni ekosistemi mokrišč in mirno tekočih rek so veliki rezervoarji razmeroma čiste vode, saj v njih potekajo učinkoviti samočistilni procesi (**Priloga D**). Lagune predstavljajo prvi približek naravnega okolja. Biološko čiščenje v vodnih ekosistemih temelji predvsem na delovanju mikroorganizmov in rastlin, ki lahko preživijo v onesnaženi vodi ali tleh in bodisi absorbirajo, razgradijo ali nevtralizirajo škodljive odpadne snovi. Lagune so vodni bazeni, grajene v zemlji z uporabo naravnih materialov, ki lahko vsebujejo prikrite umetne elemente. Grajene so v serijah, tako da lahko ena naprava zadosti vsem pogojem za odstranjevanje biološkega onesnaženja in hraniv s pomočjo mikroorganizmov. Sistemi lagun zahtevajo velike razpoložljive površine, zato je njihova uporaba omejena. Običajno ima sistem lagun prvo anaerobno, zadnjo aerobno, vmes pa so fakultativno anaerobne lagune. Večina lagun pa je fakultativnega tipa. Ob vstopu odpadne vode v laguno se usedajo težje snovi, kjer potekajo anaerobni procesi na dnu. Ob površju lagune aerobne bakterije porabljajo raztopljenе produkte anareobne presnove in suspendirane snovi odpadne vode. Množina kisika v določeni točki je odvisna od moči vetra in statusa fotosinteze s strani alg. Naravno mešanje z vetrom in fotosinteza alg sta edina vira vnosa kisika v laguno. Prva laguna v sistemu se sčasoma zapolni z usedlinami, zato je potrebno občasno odstranjevanje usedlega blata, tipično na 5 do 10 let. Sistem se lahko zaključi v namakalno polje (Roš, 2001), ki je polirni del čiščenja v lagunah.

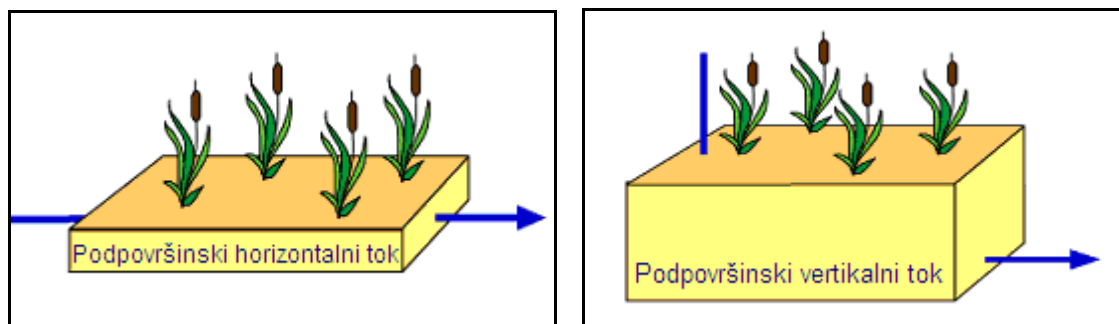
### 2.5.3.3 Rastlinske čistilne naprave (RČN)

Mikroorganizmi v ugodnih razmerah predelajo ali razgradijo številna organska onesnaževala in hraniva. Slednja lahko rastline uporabijo za svojo rast, hkrati pa bakterijam zagotavljajo ugodne pogoje za rast. S pravilno izbiro rastlinskih vrst, kontrolo in rednim odstranjevanjem prirasta biomase lahko izboljšamo in povečamo delež čiščenja komunalne odpadne vode. Organsko onesnaženje razgrajujejo bakterije, ki so pritrjene na peščenem mediju in rastlinskih koreninah. Večino hraniv prav tako porabijo bakterije, medtem ko je vloga rastlin predvsem v dovajanju kisika k rizomom, rahljanje substrata, povečevanje razpoložljive površine za oprijem bakterij in ohranjanje konstantne temperature pod zelenim pokrovom. Rastline za svojo rast uporabijo le manjši del razpoložljivih hraniv v nitratni obliki, še manjši pa je prevzem fosforja, tako da s tega stališča stežka govorimo o rastlinski čistilni napravi, saj je vpliv rastlin na odstranjevanje biološkega onesnaženja zanemarljiv. Izraz 'rastlinska čistilna naprava' že polno uveljavljen, mislimo pa, da bi mogoče bila dobrodošla zamenjava s primernejšim nazivom, npr.: 'Talni precejalni filtri z rastlinskim pokrovom'.

Ločimo dva osnovna tipa RČN. Prvi predstavlja RČN s površinskim tokom, ki je po svoji funkciji zelo blizu naravnim mokriščem in podobna laguni. RČN tega tipa je sestavljena iz prodnate posteljice na dnu, kamor so posajene močvirne rastline, ki predstavljajo oporo mikroorganizmom in dovajajo kisik v področje korenin. Odpadna voda se pretaka skozi prodnato posteljico in se s tem postopkom čisti. Učinek čiščenja takega sistema v zimskem času zelo pade, zato je bolj primeren za območja, kjer so zimske temperature nad lediščem.

Drugi tip predstavljajo RČN s podzemnim tokom. Pri tem tipu je peščena posteljica z nasajeno vegetacijo, skozi katero se voda pretaka, sestavni del terena. Take naprave imajo običajno boljši učinek čiščenja za organsko onesnaženje in hraniva, ter so primernejše za čiščenje odpadnih komunalnih voda (Marangon in sod, 2002). Voda se zadržuje le pod površjem, zato so tudi možnosti infekcij in razvoja mrčesa minimalne. V primerjavi s prvim tipom so RČN s podpovršinskim tokom dražje. Pri tem sistemu čiščenja ločimo naprave s horizontalnim tokom in z vertikalnim tokom odpadne vode (**Slika 2.8**). Horizontalni tok se dogaja le z rahlim hidravličnim padcem, ki se običajno izvede po nagibu terena. RČN z vertikalnim tokom imajo, poleg samega pronicanja v globino, možnost nadgradnje s sistemom izmenične razpršitve odpadne vode pod pritiskom. Taka rešitev omogoča hkraten prehod odpadne vode in kisika v večje globine, kar posledično zveča razpoložljivi aerobni volumen rastlinske čistilne naprave. Ob obeh primerih RČN s podpovršinskim tokom, se zaradi nizkih temperatur v zimskem času zgodi padec učinka čiščenja. To pomanjkljivost se odpravlja s poskusi dimenzioniranja sistema na ta letni čas, pri izredno nizkih temperaturah, ki trajajo dalj časa, pa sistem odpove (ANPA, 2001). RČN s podpovršinskim tokom so primerne zlasti za področja z zmerno klimo, kamor spada tudi večji del Slovenije.

Dolgotrajno odstranjevanje hraniv, predvsem dušika, povzroča veliko razraščanje rastlin, zato je potrebna občasna košnja. Glede na svojo funkcijo so RČN primerne tudi za poliranje iztoka iz večje ČN s sekundarnim čiščenjem, ker vsebuje oksidirana hraniva, katera dodatno razgradijo MO in delno prevzemajo rastline (Prosnik, 2007).



**Slika 2.8** Shema RČN s horizontalnim in vertikalnim podpovršinskim tokom

#### 2.5.4 Intenzivno čiščenje odpadne vode v bioloških čistilnih napravah

Biološki način čiščenja odpadnih vod temelji na življenjski dejavnosti mikroorganizmov, ki za svojo rast razgrajujejo organske snovi, ki so v vodi v koloidnem in raztopljenem stanju. Razgradnja je lahko aerobna, anaerobna ali anoksična (**Priloga C**). S pomočjo bioloških metod čiščenja je možno iz odpadne vode odstraniti organske razgradljive snovi, ki ostanejo v odpadni vodi po mehanskem čiščenju. Biološko čiščenje s kulturo mikroorganizmov je proces samoočiščenja, ki tudi sicer poteka v naravi in se v biološki čistilni napravi umetno intenzivira. Mikroorganizmi, ki so v površinskih vodah, so prisotni tudi v bioloških čistilnih napravah, le da je njihova koncentracija mnogo večja.

Pri tem procesu sodelujejo bakterije in spremljajoča združba, ki jo sestavljajo bičkarji, migetalkarji, kotačniki, gliste in maloščetinci (Roš, 2001). Spremljajoča združba se hrani z bakterijami in z organskim drobirjem. Bakterije, spremljajočo združbo, neraztopljene organske snovi in anorganske snovi imenujemo s skupnim imenom aktivno blato. Razgradljive organske snovi v odpadni vodi služijo mikroorganizmom kot hrana za življenje, rast in razmnoževanje (**Preglednica 2.5**). Rezultat razgradnje organske snovi sta anorganska snov, v obliki vode, CO<sub>2</sub> in mineralnih spojin, ter nova biomasa.

**Preglednica 2.5** Delež elementov v suhi teži bakterijske celice (Alberts in sod., 2002)

Vgradni element	Delež suhe teže celice (%)
Ogljik	50,0
Kisik	22,0
Dušik	12,0
Vodik	9,0
Fosfor	2,0
Žveplo	1,0
Kalij	1,0
Natrij	1,0
Kalcij	0,5
Magnezij	0,5
Klor	0,5
Železo	0,2
Elementi v sledovih	0,3

#### 2.5.4.1 Primarno oziroma mehansko čiščenje

Primarno čiščenje oz. mehansko čiščenje je sestavni del vsake obdelave vod, kje se odstranijo trdni odpadki. Med primarnim čiščenjem se komunalne odpadne vode čistijo z fizikalnim oz. kemičnim postopkom, pri katerem se biološka potreba po kisiku v čiščeni odpadni vodi zmanjša za najmanj 20 % in količina neraztopljenih snovi za najmanj 50 % (Ur. list RS, št. 45/07). Poleg naštetih metod primarnega čiščenja, se za ta namen lahko uporablja tudi parcialno čiščenje komunalne odpadne vode v greznici ali usedalniku, ki delujejo kot primarna sedimentacijska komora. Naštete metode mehanskega odstranjevanja se uporabljajo v vsaki komunalni čistilni napravi, razlike so le v uporabljenih prijemih za doseganje ugodnih rezultatov.

Grablje uporabljamo za odstranjevanje plavajočega kosovnega materiala večjih dimenzij. Za grabljami so montirana še sita za odstranjevanje manjših trdnih odpadkov. Sita imajo dodane sisteme za stalno čiščenje in odstranjevanje trdnih odpadkov s površine, ker lahko taki odpadki poškodujejo naprave, ki se uporabljajo v nadaljevanju postopka čiščenja, ali pa poslabšajo učinek čiščenja (Tchobanoglous in sod, 2003).

Peskolov je razširjen kanal, v katerem se hitrost toka odpadne vode močno upočasni. Zaradi upočasnjene toka se pesek in druge bistveno težje snovi od vode usedejo. Izdelava peskolova mora omogočati tako obratovanje, da organske snovi, ki so le malo težje od vode, ne usedejo. Organske snovi se čistijo v nadaljnjih stopnjah, pesek pa je mogoče odlagati brez problemov v okolje (Kompore in sod., 2006).

Primarni usedalniki v čistilnih napravah so podobne zasnove kot greznice in Imhoffovi usedalniki, in se slednji lahko za ta namen tudi uporabijo. Nastalo blato ne gre v anaerobno gnitje, kot v primeru parcialnega čiščenja individualnih objektov, pač pa je podvrženo nadaljnjim procesom v prisotnosti kisika.

Možne so tudi rešitve z usedalniki, ki uporabljajo izključno anaerobno obdelavo v gniliščih. Primarni usedalniki so torej le oblika zgoščevalne enote za naslednje faze čiščenja (Hammer in sod., 1996). Usedalniki so lahko različnih oblik. Pri dolgih pravokotnih kanalih teče voda z enega konca do drugega, strgala na dnu pa potiskajo usedeno blato k zbirniku pri vtoku. Pri okroglih usedalnikih voda doteka na sredino, teče proti zunanjemu robu, usedline pa se zopet s strgali odpravljajo k sredini, kjer se koncentrirajo in prehajajo v naslednje postopke. Oba modela imata ob površju posnemalnik maščob, ki največkrat deluje vzporedno s strgali. Zadrževalni čas v usedalniku, kljub počasnemu, laminarnemu toku ne sme presegati nekaj ur, zaradi nastanka zasičenih anaerobnih con, ki bi povzročile rast anaerobnih bakterij in posledično gnitje ter smrad (Tchobanoglous in sod., 2003). Navadne usedalnike, ki temeljijo le na usedanju delcev, počasi izpodrivajo nove in hitrejše tehnologije mehanskega koncentriranja odpadne organske mase. Sem prištevamo predvsem flotatorje, obarjalnike in filtratorje. Večje čistilne naprave največkrat združujejo več elementov primarnega čiščenja.

Filtracija je postopek, kjer se izločajo delci, ki jih ni bilo mogoče izločiti v predhodnih postopkih. Najpogostejši način je gravitacijsko usmerjanje vode skozi porozne materiale različnih granulacij in sestave. Največ se uporablja granulacije peska, opečnega drobirja ali umetnih materialov. Mehanizem filtracije zajema sedimentacijo v porah filtra, medzrnsko difuzijo koloidov, hidravlični upor in molekularne sile medija (Hammer in sod., 1996). Granulacija filtrskega materiala se navadno zmanjšuje v smeri pretoka, sicer pa obstajajo različne polnitve. Sčasoma pride do zamašitve mikrostrukture filtra, kar ima za posledico zmanjšanje propustnosti filtra in povečanje upora. Postopki čiščenja filtrov s povratnim tokom čiste vode so le začasna rešitev, tako da je po določenem času potrebna zamenjava filtrskih vložkov.

Flotacija je način čiščenja odpadnih voda z ločevanjem trdne faze od kapljevine, z naplavljanjem trdne faze na gladino vode. Ta postopek se izvaja s spajanjem mehurčkov zraka in trdne substance. Tak postopek je hitrejši od usedanja in nastali kosmi se dvigajo na površje s skoraj desetkrat večjo hitrostjo, kot bi se enaki delci usedali. Glede na to dejstvo so flotatorji enakih oblik kot usedalniki, le da namesto talnih strgal uporabljajo površinski posnemalnik nabrane pene. Ta razlika omogoča doseganje enakih efektov izločanja v manjših volumnih bazenov, čeprav lahko delujeta vzporedno, kar je verjetno tudi najboljša rešitev (Tchobanoglous in sod., 2003). V takem primeru se odpadni vodi v usedalniku dodaja optimalne količine kemičnih koagulantov, za hitrejše usedanje. Za doseganje dobrih pogojev flotacije, je potrebno v sistem dovajati velike količine zraka, v obliki zelo drobnih, homogeno dispergiranih mehurčkov.

Koagulacija se uporabi v primeru, da je sedimentacijska hitrost delcev premajhna. To je princip združevanja delcev v večje skupke, da se lahko hitreje izločajo s sedimentacijo. Proces koagulacije je odvisen od izbire in pravilnega doziranja koagulanta, ki pospešuje združevanje delcev, kot primerni pa sta se pokazali, aluminijev sulfat in železov klorid (Kompore in sod., 2006). Če so nastali kosmi še vedno premajhni, da bi se usedali ali flotirali je možno dodajanje sintetičnih polimerov, ki povzročijo nastanek razvejanih kosmov ali flokul, ki se lažje sedimentirajo. Z dodatki kemičnih koagulantov se lahko delež čiščenja za nekatere parametre, kot so fosfor in fekalni koliformni poveča tudi za več kot dvakrat (ANPA, 2001).

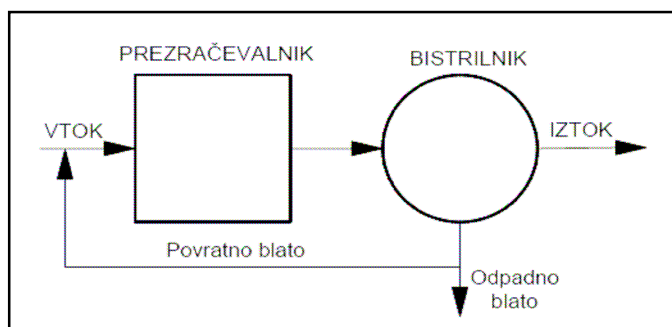
## 2.5.5 Enostopenjske biološke čistilne naprave

Postopek z aktivnim blatom je star, saj so ga predstavili že leta 1913 ameriški znanstveniki Clark in Gage, v istem obdobju pa še angleška raziskovalca Ardern in Lockett (Tchobanoglous in sod., 2003). Konkurenčen postopek s pritrjeno biomaso ima svoje začetke še pred sistemi z aktivnim blatom, vendar so stalna izpopolnjevanja omogočila uporabnost postopka tudi v novejšem času, tako da imajo vsi taki sistemi omogočeno nitrifikacijsko stopnjo. Zaradi določenih prednosti je nekaj primerov teh sistemov opisanih v nadaljevanju (**Poglavje 2.5.6.2**). Enostopenjske ČN ne dosegajo stopnje čiščenja odpadnih voda, ki se v modernem času zahtevajo. Iz tega vzroka se ti sistemi opuščajo, ali pa nadgrajujejo z dodatno stopnjo.

### 2.5.5.1 Postopek z aktivnim blatom

Princip delovanja sistema z aktivnim blatom ostajajo isti kot v preteklosti. Reaktorji so različnih oblik, največ pa so v uporabi dolgi pravokotni s talnim strgalom in okrogli s spiralnim tokom in talnimi vakuumskimi črpalkami ali strgali. Ob presežku kisika je aktivna masa mikroorganizmov sposobna stabilizirati odpadno blato v mineralno snov in gradnjo nove biomase. Uporablja se mehanska mešala in vpihovanje zraka ali čistega kisika v medij. V aktivnem blatu se pojavijo združbe mikroorganizmov in neraztopljenih delcev združeni v kosme, ki se v bistrilniku usedejo in so od tam delno odstranjeni, delno pa vrnjeni v proces za ohranjanje aktivnosti v reaktorju. Optimalno razmerje med organsko snovjo, dušikom in fosforjem, za potek mikrobnih aktivnosti je  $BPK : N : P = 100 : 5 : 1$ . Točno razmerje se ugotovi z laboratorijskimi preskusi (Kompore in sod., 2007). Komunalne odpadne vode imajo običajno ugodno razmerje med substratom in hranivi za biološko čiščenje, pri industrijskih odpadnih vodah pa ni vedno tako, zato se za te vode uporabi kontrolirano mešanje z odpadnimi komunalnimi vodami, dodajanje hraniv, ali obdelava s kemijskimi postopki. Za pravilno delovanje biološke čistilne naprave mora odpadna voda vsebovati, poleg razgradljivih organskih snovi, tudi dovolj anorganskih hraniv in mikroelementov v sledovih (**Preglednica 2.5**).

Po mehanskem očiščenju odpadne vode sledi osnovni proces odstranitve onesnaženja z aktivnim blatom v suspenziji ali na nosilcih. Tu se dogajata dva osnovna procesa in sicer sinteza novih celic, ter lastno dihanje mikroorganizmov. Odpadna voda, očiščena trdnih delcev doteka naprej v stalno prezračevalni bazenski reaktor, ki je lahko različnih oblik. Tu kosmi aktivnega blata iz predhodnih ciklov pridejo v stik z organsko snovjo v odpadni vodi. Na novo nastale celice odpadno organsko maso razgrajujejo in zopet uporabijo za sintezo novih celic in lastno rast. V reaktorju suspenzija aktivnega blata kroži različno dolgo, zaželeni pa so daljši zadrževalni časi. Za učinkovito razgradnjo organskih spojin potrebujejo mikroorganizmi zadostno količino raztopljenega kisika. Po pravilnem biološkem čiščenju se mora potreba po kisiku v odpadni vodi zmanjšati za več kot 95 %. Po reakciji v prezračevalnem bazenu odteka suspenzija aktivnega blata v bistrilnik (**Slika 2.9**).

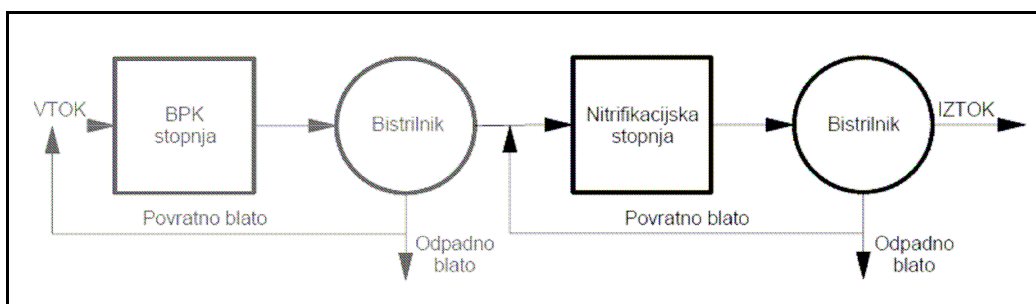


**Slika 2.9** Shema enostopenjske biološke čistilne naprave (vir: Roš, 2001)

V bistrilniku se aktivno blato zaradi svoje nekoliko večje gostote useda na dnu, na površini pa ostane čista voda, ki lahko odteka v površinski vodotok, ali pa prehaja v višje oblike čiščenja. Usedlo aktivno blato se črpa v črpališče povratnega in presežnega blata. Del usedlega aktivnega blata se prečrpa nazaj v prezračevalni bazen, kot povratno aktivno blato za vzdrževanje zadostne koncentracije aktivnih bakterij in s tem za učinkovit potek biološkega čiščenja v prezračevalnem bazenu. Drugi del, ali presežek aktivnega blata se redno odstranjuje. Presežek aktivnega blata se črpa v zgoščevalnik in zalogovnik blata, kjer je spet lahko podvrženo nadaljnjim postopkom čiščenja (Roš., 2001).

## 2.5.6 Dvostopenjske biološke čistilne naprave z nitrifikacijo

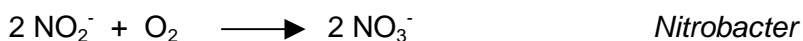
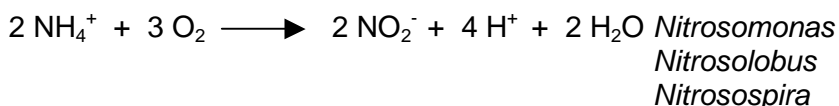
Dvostopenjski aerobni sistem predstavlja biološko čistilno naprave za odstranitev BPK v prvi stopnji in nitrifikacijo v drugi stopnji. Prvi del dvostopenjske naprave je enak enostopenjski z odstranitvijo organsko razgradljivih snovi, v drugi stopnji pa se organske dušikove spojine in amonijev ion, oksidirajo v nitritno in nitratno obliko (**Slika 2.10**). Dvostopenjski sistem je zelo široko uporabljen v zadnjih desetletjih. Tudi tu so lahko uporabljeni postopki z razpršeno ali fiksirano biomaso.



**Slika 2.10** Shema reaktorja z nitrifikacijsko stopnjo (vir: Roš, 2001)

### 2.5.6.1 Nitrifikacija

Nitrifikacija je biološka oksidacija amonijske oblike dušika do nitrata. Proces poteka v dveh stopnjah. Najprej se amonijski ion oksidira do nitrita, pri čemer sodelujejo bakterije iz rodu *Nitrosomonas*, *Nitrosolobus* in *Nitrosospira*. V postopku, ki sledi pa bakterije iz rodu *Nitrobacter* oksidirajo nitrit do nitrata.



Vse omenjene bakterije so aerobne, zato se v aktivnem blatu ali biofilmu na nosilcu proces lahko zaustavi, če ni zadostnega pretoka kisika. Bakterije optimalno delujejo pri mezofilnih pogojih, s temperaturo je 26 do 37°C, če r pa je take temperature v čistilnih napravah mogoče zagotavljati le z dogrevanjem se kinetika rasti s padcem temperature manjša, pri 8°C pa popolnoma preneha. Ugoden pH je nevtralen do rahlo bazičen. Pri oksidaciji  $\text{NH}_3$  do  $\text{NO}_3^-$  se sproščajo  $\text{H}^+$  ioni, zaradi česar se pH nekoliko zniža, kar lahko povzroči zaviranje procesa in je potreben dodatek alkalitete (Smith, 2001).



### 2.5.6.2 Sistemi s pritrjeno biomaso

Splošno lahko k sistemom s pritrjeno biomaso štejemo štiri tipe, ki poznajo več različnih izvedb. Te skupine bioloških reaktorjev so predstavljene v splošnem.

#### Nepotopljeni filtrski precejalniki

Prvi taki sistemi, stari že več kot stoletje, se zaradi enostavnosti še niso nehali uporabljati, čeprav jih izrivajo izpopolnjene metode. V samem sistemu potekata lahko vzporedno odstranjevanje organske snovi in nitrifikacija. V medsebojnem tekmovanju heterotrofne bakterije izražajo večjo kompetitivno sposobnost, zato je rast nitrifikacijskih bakterij omejena na predhodno zmanjšanje BPK na raven nižjo od 20 mg/l. Možna je rešitev z več precejalniki, kjer v drugi ali tretji fazi poteče nitrifikacija. Precejalnik se sčasoma zapolni in na določenih mestih prezračevanje ni zadostno, tako da lahko substrat začne gniti, kar povzroči smrad. Temu se delno lahko izognemo z občasnimi recikli čiste vode, ali z novim polnilom (Tchobanoglous in sod., 2003).

#### Fiksirana biomasa na inertnem nosilcu

Postavljanje materiala v aeracijski reaktor z biomaso v suspenziji, tudi ni novejša iznajdba. Prva sta sistem s pritrjeno biomaso sestavila Hays in Griffith v letu 1940 (Tchobanoglous in sod., 2003). Mikroorganizmi odgovorni za pretvorbo organskega onesnaženja so v tem postopku pritrjeni na inertne nosilce polnila, ki prosto plavajo, ali jih mešata mešalo in mehurčki vpihovanega zraka. Organsko predelano blato se v tem postopku odstranjuje samo, z odlučanjem od potopljenih nosilcev, kateri so največkrat iz plastičnih materialov (Tchobanoglous in sod., 2003). Za postopek veljajo nekatere prednosti pred reaktorji s suspendirano biomaso, predvsem:

- povečanje kapacitete čiščenja,
- stabilnejši proces,
- manjše količine viškov blata,
- v bistrilniku se ne odlagajo trdni delci,
- večja kapaciteta čiščenja ob enaki ceni.

#### Rotirajoči biološki kontaktorji (RBK) – biodiski

Prvi začetki z RBK segajo v leto 1960, ko so bile postavljeni pilotne naprave v Nemčiji (Tchobanoglous in sod., 2003). RBK se sestoji iz serije skupaj stisnjenih okroglih, ploščatih diskov, ki so največkrat iz polietilena, lahko se uporabi tudi druga plastična masa. Med procesom so delno potopljeni v odpadno vodo in se vrtijo skozi njo. Diski, stisnjeni skupaj, imajo zelo veliko specifično površino, ki v večjih napravah dosega več tisoč m<sup>2</sup>. Če se ustvari še povezave posameznih bazenov z RBK je skupna površina lahko zelo velika. V posameznih bazenih je mogoče ustvarjati različne oksidacijske pogoje in s tem optimizirati čiščenje. Vrtenje diskov je počasno, tako da omogoča oprijem nove biomase na obstoječi biofilm, tipično pa znaša en obrat v minuti. Rotacijo lahko omogoči elektromotor, mogoči pa so tudi bazeni z vgrajenim kompresorjem zraka za prezračevanje, ki hkrati povzročata vrtenje diskov. RBK deluje kot enota za odstranjevanje BPK, s kombinacijami več enot pa lahko dosežemo tudi učinkovito odstranjevanje hraniv. Pred RBK mora biti enota za primarno posedanje, za reaktorjem pa bistrilnik (Tchobanoglous in sod., 2003).

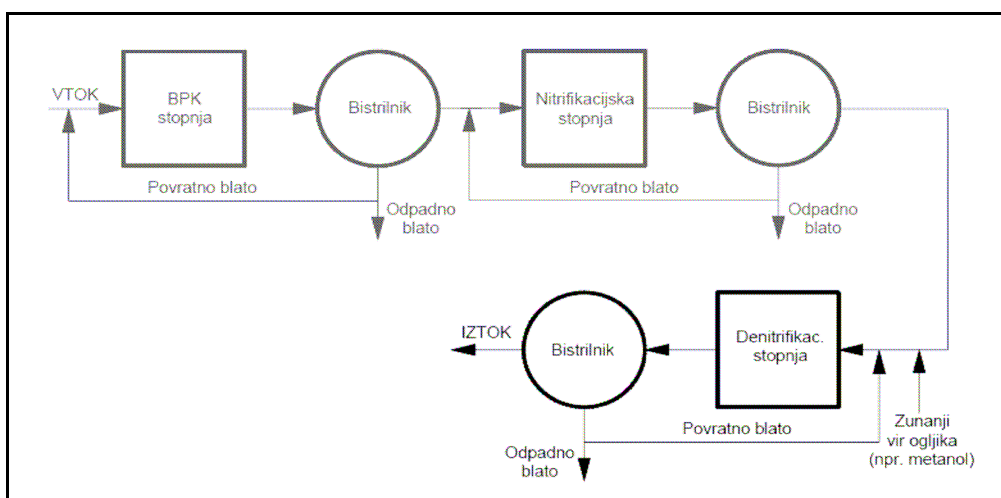
#### Stalno omočeni biofiltri

Novejši postopek s potopljenimi filtri se izvaja s presežkom kisika, kot aerobni proces za odstranitev BPK, možna pa je tudi uporaba sistema z več biofiltri, kjer se izvaja nitrifikacija. Na polnilu, ki je lahko gramoz, pesek, opečni drobir ali različna plastična polnila, se nalagajo mikroorganizmi v sloju biofilma. Vstop odpadne vode je običajno na vrhu, vpihovanje zraka pa se izvaja iz spodnje strani reaktorja.

Komercialno sta najbolj poznana Biostyr in Biofor procesa, ki uporabljata kot polnilo polistren oz. ekspanzirano glino (Tchobanoglous in sod., 2003). Ti reaktorji so lahko povezani v sklope, v katerih se zagotovi spremenljive oksido-redukcijske pogoje, tako da je v enem prehodu možna odstranitev vse organske snovi in večine hraniv.

## 2.5.7 Biološke čistilne naprave z denitrifikacijo

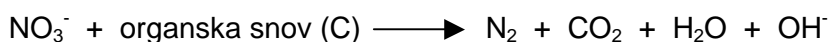
Tristopenjski sistem predstavlja biološko čistilno naprave za odstranitev BPK v prvi stopnji in nitrifikacijo v drugi stopnji. Obe potekata v oksidnih pogojih, največkrat s prisilnim vpihovanjem zraka. Tretja stopnja sistema reaktorjev predstavlja anoksično enoto za denitrifikacijo. Včasih je v tak anoksični reaktor potrebno dodajati enostavno razgradljiv vir ogljika, kot npr. metanol (**Slika 2.11**). Tak potek stopenj je le osnovna rešitev, ki je produkt nadgradenj že obstoječih sistemov. Nekateri novejši praktični pristopi so opisani v nadaljevanju poglavja.



**Slika 2.11** Shema tristopenjske čistilne naprave z denitrifikacijo (Roš, 2001)

### 2.5.7.1 Denitrifikacija

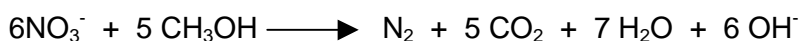
V anoksičnih razmerah se  $\text{NO}_3^-$  porablja, kot akceptor elektronov v procesu denitrifikacije. To poteka pod vplivom nekaterih heterotrofnih organizmov, ki uporabljajo nitrat za vir kisika pri anaerobnem dihanju. Pomembnejši rodovi so *Agrobacterium*, *Bacillus*, *Pseudomonas* in *Alcaligenes* (Stevenson, 1986).



Stopnje pretvorbe nitrata do plinastega dušika so:

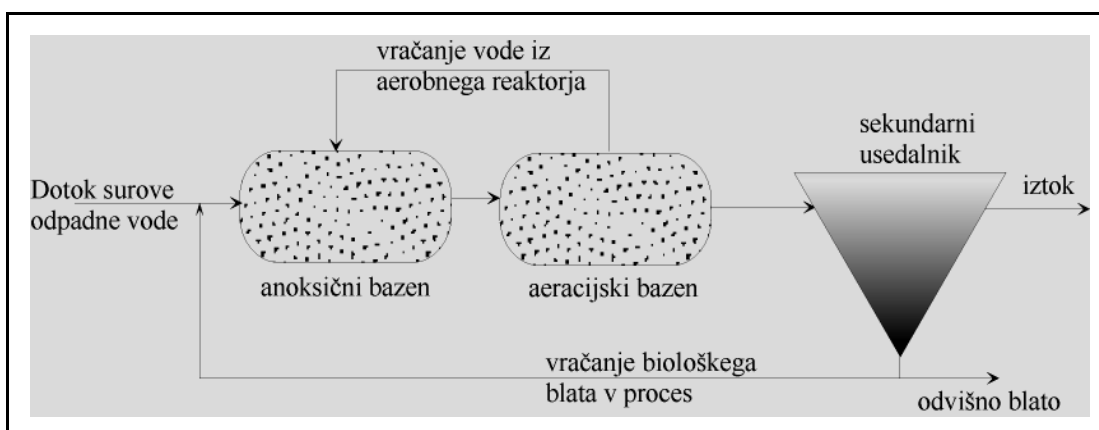


Ugodne razmere za denitrifikacijo so: temperatura medija nad  $25^\circ\text{C}$ , zaželjeno  $35^\circ\text{C}$ , saj se pri nižjih temperaturah proces upočasni, nevtralen pH in zadostna količina enostavno razgradljive organske snovi, ki jo je včasih potrebno dodajati. (Smith in sod., 2001). V preteklih desetletjih je bil kot vir enostavno razgradljivega ogljika največ uporabljen metanol. Pri poteku reakcije se nekoliko poviša alkaliteta.



### 2.5.7.2 Sistemi za odstranjevanje dušika s kombinacijo reaktorjev

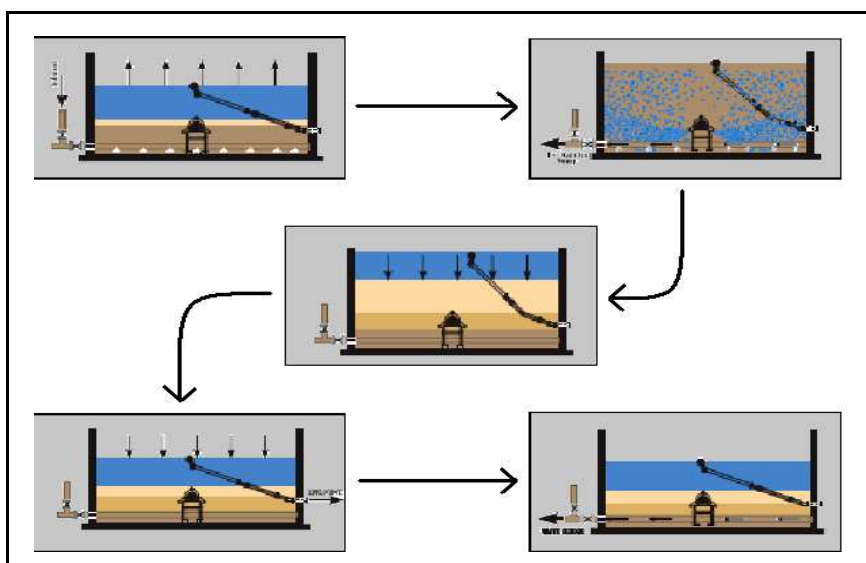
Prvi koncept biološkega odstranjevanja dušika sega v leto 1962, ko sta Ludzack in Ettinger skonstruirala pilotno napravo, ki je imela dva reaktorja. V prvem so bili anoksični pogoji, v drugem pa se je s prisiljenim prezračevanjem poskrbelo za oksidacijo. Podoben proces se izvaja še sedaj in nosi ime modificiran Ludzack-Ettinger (MLE) sistem reaktorjev (**Slika 2.11**). V MLE predstavlja izboljšavo popolna ločitev obeh reaktorjev, z reciklom viškov blata iz oksidacijskega bazena. Tako je v anoksičnem reaktorju vedno dovolj nitrata za proces denitrifikacije. Običajno je razmerje recikla proti sveži odpadni vodi 2:1. Proces in sistem izdelave ter vgradnje in vzdrževanja je relativno enostaven, kar mu daje določene prednosti pri instalacijah za uporabo v krajih z redko poselitvijo.



**Slika 2.11** Shema MLE sistema reaktorjev (vir: Okoljsko inženirstvo, fgg)

### 2.5.7.3 Saržni biološki reaktorji, SBR (ang. sequencing batch reactor)

Za saržne oz. SBR sisteme je značilno, da vse faze čiščenja potekajo v istem reaktorju. Tu se v enem ciklusu zgodijo vsi biokemijski procesi in usedanje. Princip delovanja je tak, da z različnimi manevri ustvarja take pogoje v reaktorju, ki ustrezajo poteku posamezne faze čiščenja (**Slika 2.12**).



**Slika 2.12** Shema delovanja saržnega biološkega reaktorja

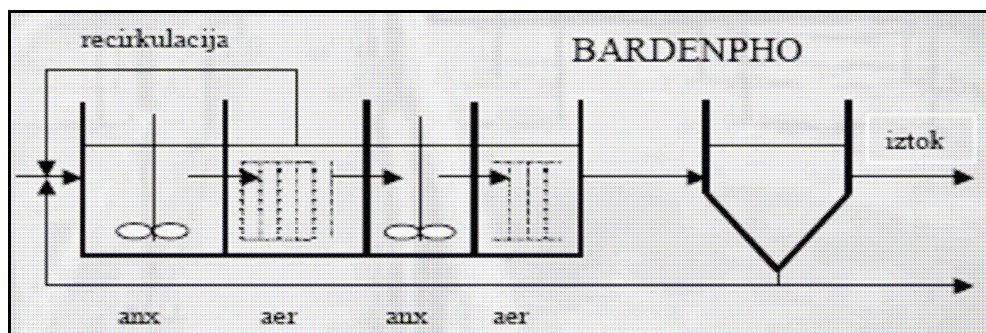
Opis delovanja SBR reaktorja, po posameznih fazah (**Slika 2.12**):

1. V prvi fazi odpadna voda priteče v reaktor. Do napolnitve reaktorja, veljajo v predelih reaktorja različni pogoji, ob dnu pa so anaerobni in anoksični. Tako lahko v tem delu poteče delna denitrifikacija blata.
2. V drugi fazi sledi prezračevanje odpadne vode, pri čemer potečejo procesi oksidacije organskega onesnaženja. V kolikor je faza prisilnega prezračevanja dovolj dolga, poteka tudi nitrifikacija.
3. Ob izklopu prezračevanja se voda umiri in nastopi usedanje nastalega biološkega blata.
4. Po tretji fazi sledi izpust očiščene vode, ki se je zbistrila nad usedlim blatom.
5. Zadnja faza je prečrpavanje dela gošče sedimentiranega blata iz sistema. Zadnja faza ne sledi vsakemu ciklu, pač pa po potrebi, glede na količino usedline. Čas med dvema iztokoma očiščene vode imenujemo obratovalni cikel SBR.

V običajnih komercialnih izvedbah dobimo SBR z dvema paralelnima enotama. Prva enota je lahko sprotni kolektor za odpadno vodo, medtem ko druga enota deluje po ciklih SBR. Možna je tudi obratna rešitev, kjer prva enota deluje kot SBR, s stalnim pritokom sveže odpadne vode, druga enota pa deluje kot bistrilnik in se tja vodo prečrpava iz četrte faze praznjenja (Tchobanoglous in sod., 2003).

#### 2.5.7.4 Bardenpho proces

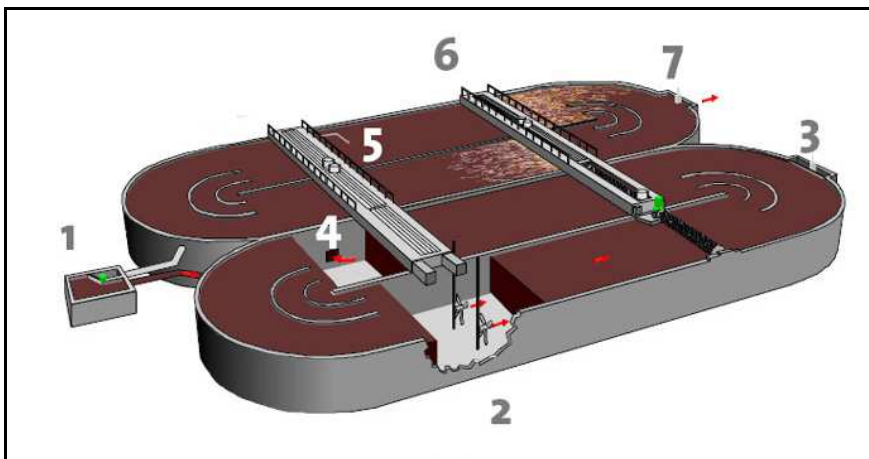
Pri Bardenpho procesu dosežemo dobro nitrifikacijo in najboljšo stopnjo denitrifikacije med vsemi sistemi. Lahko biorazgradljiv substrat v dotoku odpadne vode poganja prvi del denitrifikacije. Dodatno zmanjševanje nitrata s procesom prečrpavanja nazaj v anoksično cono ni možno, zato je dodana zaporedna sekundarna anoksična cona. Pred prehodom v bistrilnik sledi tej coni še majhna aerobna stopnja (**Slika 2.14**).



**Slika 2.14** Shema delovanja Bardenpho procesa (vir: Okoljsko inženirstvo, fgg)

#### 2.5.7.5 Oksidacijski jarki

V pravilno dimenzioniranih jarkih lahko dosežemo take oksido-redukcijske pogoje, da je končni produkt čiščenja dovolj ugoden za izpust v tekoče vode. Izvedb cevnih oksidacijskih jarkov je več, tako po obliki, kot po načinu odstranjevanja hraniv, primerni pa so predvsem za večje sisteme. Informativno bi izpostavili le en tak sistem, ki z izrazito velikim tehnološkim vložkom nekoliko izstopa. BIO-denitro™ sistem je relativno nov postopek (**Slika 2.13**), ki je bil razvit na Danskem, kjer je tudi največ instaliranih čistilnih naprav, ki ga uporabljajo (Tchobanoglous in sod., 2003).



**Slika 2.13** Prikaz delovanja Bio-denitro™ procesa (vir: www.veoliawaters.com)

Opis delovanja sistema po fazah:

1. Sprejemna komora, ki korigira vtok v samo napravo. Skrbi za pravilno mešanje povratnega blata s svežim blatom.
2. Potopljeni propelerji skrbijo za potovanje suspenzije po jarku brez mešanja, z doseganjem anoksičnih denitrifikacijskih pogojev pri dnu.
3. Pregrada skrbi za dovolj dolg zadrževalni čas v jarku, ki ni manjši od dveh ur, da denitrifikacija lahko poteče.
4. Biološko onesnažena voda, ki se je v drugem jarku delno očistila nitratov se periodično, preko mehanske lopute, spušča v prvi bazen.
5. Tipala merijo količino raztopljenega kisika in avtomatsko dozirajo vpihovanje zraka ali kisika.
6. Vpihovala zraka potujejo po bazenu in skrbijo za prezračevanje in aktivno odstranjevanje BPK s heterotrofnimi mikroorganizmi.
7. Ko je mesto za praznjenje v fazi mirovanja se delci usedejo. Z vrha se izčrpa očiščena voda, z dna pa viški blata, ki gre v nadaljnje postopke.

## 2.5.8 Biološko odstranjevanje fosforjevih spojin

V zadnjem desetletju se je veliko raziskovalnih ustanov ukvarjalo z možnostjo nadgradnje obstoječih bioloških čistilnih naprav z nitrifikacijsko-denitrifikacijskim postopkom v naprave za popolno biološko odstranjevanje hraniv, poleg dušika zlasti fosforja. Razvilo se je veliko pilotnih naprav. Nekatere med njimi imajo za osnovo Bardenpho proces z različnimi izpeljankami, kot npr. A<sup>2</sup>O in UCT, oba procesa za biološko odstranjevanje fosforja. Poznani so tudi mešani sistemi, z elementi biološkega in kemijskega odstranjevanja skupaj v eni napravi. V tem primeru se povratno aktivno blato, ki je bogato tudi s fosforjem, vodi v anaerobni dekanter, kjer se vezan fosfor razpusti po suspenziji in usede na dno dekanterja. Od tu se ga odstrani s precipitacijo apna, preostali del raztopine pa se reciklira kot povratno blato. Sistem se v literaturi (Roš, 2001) navaja kot biološko odstranjevanje fosforja s stranskim tokom. Isti avtor opisuje še sisteme za odstranjevanje fosforja na trdnih nosilcih: Biocarbon, Biopur, Biofor, Biostyr in lastni patent, 3A reaktor.

Za vse sisteme velja, da se odstranjevanje fosforja začne v anaerobni coni, kjer anaerobne bakterije, ki lahko skladiščijo fosforne spojine, uporabijo za lastno rast kisle produkte fermentacije, predvsem acetat in propionat. Fermentacija s produktom lahkohlapnih kislin in njihova poraba s hkratno vezavo fosforja potečeta hitro.

Glede na hitrost sinteze in porabe acetata je za optimizacijo postopka važno omejiti zadrževalni čas v anaerobnem reaktorju na eno do dve uri, sicer lahko poteče ponovno sproščanje fosforja (Tchobanoglous in sod., 2003).

Poleg biološkega odstranjevanja fosforjevih spojin, velja poudariti možnosti kemijskega odstranjevanja fosforja z aluminijevimi ali železovimi solmi, ki se jih lahko dozira na več mestih v samem biološkem procesu. V zadnjem času so železove soli uporabljene pogosteje, saj odstranjujejo tudi sulfide, kar pripomore k manjšemu smradu iz naprave (Tchobanoglous in sod., 2003.). Vse komunalne čistilne naprave za evidentno biološko ali biološko-kemijsko odstranjevanje fosforja morajo biti dovolj velike za zagotavljanje relativno homogene razporeditve vhodnih fluksov. Velja tudi dejstvo, da so te rešitve predrage za majhne skupnosti in ekonomično delovanje male čistilne naprave, zato jih ekonomska analiza ne zajema.

## 2.5.9 Dezinfekcija

Komunalne ČN v načelu niso narejene, da bi popolnoma odstranjevale patogene bakterije iz odpadne vode. Če se čiščene odpadne vode uporabi za zalivanje vrtov in rekreacijskih površin, lahko pride do prenosa patogenih mikroorganizmov na ljudi in živali (Gerardi in sod., 2005). V takih primerih se zahteva dezinfekcija čiščene odpadne vode pred izpustom v okolje ali namakanjem. Postopki uporabljeni za dezinfekcijo so kloriranje, ozonacija, dezinfekcija z UV svetlobo in ultrafiltracija. Kot indeks dobre dezinfekcije uporabljamo kontrolo s koliformnimi organizmi. Koncentracija, podana kot najbolj verjetno število MPN (ang. Most Probable Number) skupnih koliformnov na 100 ml ne sme presegati 20.000 celic za neposredno odvajanje v vode, oz. 12.000 fekalnih koliformnov v 100 ml (Uradni list RS št. 35/96).

Klasična dezinfekcija s klorom poteka z uvajanjem plinskega klora ali raztopine natrijevega hipoklorida v vodo. Danes se te postopke opušča, ker ostajajo v čiščeni odpadni vodi še vedno prisotni ostanki organskih snovi, ki reagirajo s klorom in tvorijo škodljive snovi za zdravje ljudi. Huminske kisline reagirajo s hipokloridom in tvorijo kloroform ( $\text{CHCl}_3$ ), ki je dokazano kancerogen za tkivo jeter (Hammer in sod., 1996).

Obsevanje z UV svetlobo je varnejši tip dezinfekcije, ki pa zahteva zelo bistro vodo. Močne žarnice vsebujejo živosrebrne pare, katerih atomi v vzbujenem stanju emitirajo UV-C sevanje, ki v nekaj sekundah uniči DNA prisotnih celic. Če tudi celice slučajno preživijo, je replikacija njihove DNA onemogočena (Baird, 1999). Problem lahko nastane če so v odtoku iz ČN še vedno prisotni suspendirani delci, ki vsebujejo železove spojine ali huminske kisline združene v kosme, ki absorbirajo UV svetlobo in ta ne prodre dovolj globoko za popolno dezinfekcijo. Metoda je z veliko uporabo v zadnjem času postala cenovno dostopnejša, tako da je uporabna tudi za male ČN.

Dezinfekcija z ozonom ( $\text{O}_3$ ), je najdražji postopek in tudi splošno se ne uporablja za prečiščene odpadne vode, temveč le za pitne vode. Ozon zelo hitro reagira, zato ga je nemogoče skladiščiti. Ustvarja se ga z razelektrivami suhega kisika (Baird C., 1999).

Mehanski postopki dezinfekcije se zadnjih letih uveljavljajo s filtracijo preko zelo finih membran, kjer ni kontakta prečiščene odpadne vode s kemikalijo in torej ni potencialno nevarnih stranskih produktov. Pred membransko filtracijo mora biti voda dobro očiščena suspendiranih snovi, sicer se filtri zamašijo. Tudi membranske tehnologije so cenovno že primerne za uporabo v malih ČN, če se zahteva neoporečno odpadno vodo (Kompore B. in sod., 2006).

## 2.5.10 Obdelava blata iz komunalnih čistilnih naprav

Ne glede na uporabljeno tehnologijo čiščenja, je stranski produkt vsake ČN biološko blato. Blato iz čistilnih naprav je potrebno nadalje obdelati tako, da se organska snov mineralizira. Karakteristike blata so lahko zelo različne v odvisnosti od uporabljene tehnologije čiščenja. Vsako blato predstavlja mešanico trdnih snovi in vode, pri čemer odstotek vode dosega 97-99% volumna blata. Postopki za obdelavo blata so podobno, kot tehnike čiščenja, precej različni. Na začetku moramo odpadno blato stabilizirati na dva načina:

- aerobna stabilizacija, s podaljšanim prezračevanjem v prezračevalnem bazenu,
- mezofilna ali termofilna anaerobna stabilizacija v gniliščih.

Postopkom stabilizacije blata sledi odstranjevanje vode iz suspendiranih snovi. Namen teh postopkov je zmanjšati volumen blata z zgoščevanjem v sedimentacijskem bazenu, s centrifugiranjem, sušenjem na sušilnih gredah ali z uporabo termičnih sušilnikov. Za manjše ČN je značilno, da vsebujejo le enoto za dehidracijo, saj so postopki s predhodno stabilizacijo dražji.

Zgoščevanju sledijo postopki za razgradnjo blata, tako da se organska snov lahko koristno uporabi. Najbolj znan in uporabljen način uporabe odpadnega blata iz ČN je kompostiranje. Splošno velja, da so postopki obdelave blata prezahtevni in predragi za male čistilne naprave. Pri sestavljanju regionalnega operativnega programa obdelave blata iz komunalnih čistilnih naprav, bi bilo smiselno postaviti centralno enoto za prevzem in obdelavo blata za celotno Goriško regijo. Tako bi na enem mestu lahko zagotovili dobro in ekonomično obdelavo blata s kombinacijo opisanih postopkov.

### 2.5.10.1 Kompostiranje

Opadno blato se po predhodni stabilizaciji in obdelavi s sušenjem lahko koristno uporabi. Tak primer uporabe je izdelava humusnih pripravkov s procesom obdelave blata v kompostnih gredah. Kompostiranje je oblika aerobnega procesa, v katerem mikroorganizmi razkrajajo organske snovi. Produkt tega procesa je kompost ali humus, ki vsebuje huminske kisline, humin in mineralizirana hraniva. Humus lahko koristimo kot gnojilo v kmetijstvu ali pa za izboljšanje strukture tal.

Blato iz čistilnih naprav ima neugodno razmerje med vsebnostjo BPK in dušikom, saj je slednjega po biološkem čiščenju v prebitku. Tako je za ugodno razmnoževanje mikroorganizmov pri kompostiranju ustrezno dodajati snovi, ki so bogate z ogljikom, kot je žagovina, odpadni les in slama. Ker ima blato iz ČN še vedno preveč vlage, se z dodajanjem suhih ogljikovih substanc uravnava tudi ta. V pravilno sestavljenem in prezračevanem kompostnem kupu termofilni heterotrofi povzročijo dvig temperature zmesi tudi do 60°C, kjer se uni čijo patogene bakterije in majhni paraziti (Roš, 2001).

## 2.5.11 Zaključki tehnične analize z izbiro metod za ekonomsko primerjavo

Tehnična analiza nam prikaže večino uporabnih metod za čiščenje odpadnih komunalnih voda. Podrobneje so bili obdelani le postopki, ki so primerni za razpršeno poselitev, ki smo jo ugotovili za območje vodotokov Lijaka in Branice. Nadaljnja ekonomska analiza vseh postopkov je preobširna, zato smo se odločili primerjati dve različni metodi. Izbrali smo:

- Intenzivni oksidacijski postopek s saržnim sistemom v SBR čistilni napravi. Izbrana SBR čistilna naprava predstavlja metodo z visoko stopnjo tehnološkega vložka.
- Naravno ekstenzivno metodo z rastlinsko čistilno napravo (RČN), z vertikalnih tokom, smo izbrali izmed možnih rešitev čiščenja odpadne vode, ki ne potrebujejo visokega tehnološkega vložka.

Oba izbrana postopka nista toga in se z relativno enostavnimi prilagoditvami primerna za manjša naselja različnih velikosti (Masotti in sod., 2001). Obe metodi, po zagotovilih distributerjev omogočata dobre in hkrati primerljive rezultate glede deleža čiščenja. Na odločitev je vplivala tudi dostopnost tehničnih in ekonomskih vhodnih podatkov.

## 2.6 EKONOMIKA ČIŠČENJA KOMUNALNE ODPADNE VODE

### 2.6.1 Cena odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode

Podatki o stroških izvajalcev javne službe za čiščenja komunalne odpadne vode so zaradi različne stopnje doseganja standardov čiščenja, med seboj slabo primerljivi, tako da ni možno določiti lastne cene najboljše prakse čiščenja samo na podlagi izračuna letne povprečne vrednosti teh stroškov. V operativnem programu za čiščenje komunalnih odpadnih voda je predlagana cena čiščenja odpadne vode 0,30 €/m<sup>3</sup>. Ob upoštevanju vseh standardov, ki jih mora pri čiščenju komunalne odpadne vode izpolnjevati izvajalec javne službe, se smatra da je taka cena primerljiva s stroški najboljše prakse, ki veljajo v svetu. V stroških čiščenja niso vključeni stroški ravnanja z blatom čistilnih naprav (OP KOV, 2004). Za povprečni strošek vgradnje 1 m dolžine kanalskih vodov je v tem programu prevzet povprečni strošek 185 €/m. Za našo analizo smo to ceno ustrezno revalorizirali, glede na rast inženirskih cen. Za vgradnjo kanalskih vodov na območju cest, se strošek vgradnje enakih kanalskih vodov poveča za najmanj 30 %.

### 2.6.2 Pregled operativnega programa za komunalne odpadne vode

#### 2.6.2.1 Naselja z obremenjenostjo več kot 15.000 PE

Javna kanalizacija s komunalno čistilno napravo za taka naselja se mora izvesti do 31. decembra 2010, do 31. decembra 2012, pa mora biti priključene na javno kanalizacijo najmanj 95 % obremenitve, ki tam nastaja. Takih območij je v Sloveniji 11, na samem analiznem območju Lijaka in Branice pa nobenega.

#### 2.6.2.2 Naselja z obremenjenostjo med 2.000 PE in 15.000 PE

Območja naselij z obremenjenostjo med 2000 PE in 15.000 PE morajo biti opremljena z javno kanalizacijo in komunalno čistilno napravo do 31. decembra 2015, do 31. decembra 2017 pa mora biti priključene na javno kanalizacijo najmanj 95 % obremenitve, ki tam, zaradi odpadne vode nastaja. Takih območij je v Sloveniji 117.

V povodju Lijaka je tako območje nastalo z združitvijo naselij iz vrhnjega toka vodotoka, ki vključuje Ozeljan, Šmihel, Šempas, Vitovlje in Osek. Iz operativnega programa odvajanja in čiščenja odpadne vode gre za aglomeracija Šempas-Vitovlje (**Priloga A**).



Za to aglomeracijo se že gradi komunalna infrastruktura in je v ekonomski analizi predstavljena le za primerjavo. Na območju reke Branice ni primera take aglomeracije.

#### 2.6.2.3 Naselja z obremenjenostjo 50 - 2000 PE (> 20 PE/ha)

Območja naselij z obremenjenostjo med 50 in 2.000 PE morajo biti opremljena z javno kanalizacijo in komunalno čistilno napravo do 31. decembra 2015, do 31. decembra 2017 pa mora biti priključene na javno kanalizacijo najmanj 95 % obremenitve, ki zaradi odpadne vode tam nastaja. Takih območij je v Sloveniji 187.

Na območju Lijaka je taka aglomeracija Vogrsko (**Priloga A**), ki še ni zajeta v OP odvajanja in čiščenja odpadne vode. V porečju Branice spadata v ta del OP naselji Preserje in Urh, ki tvorita celoto tudi na zemljevidu aglomeracij v **Prilogi B**.

#### 2.6.2.4 Naselja z obremenjenostjo 900 - 2000 PE (< 20 PE/ha)

Območij takih naselij, ki niso na občutljivem ali vodovarstvenem območju je v državi 90, med njimi pa je veliko območij, ki imajo gostoto poseljenosti manj kot 10 PE/ha in tako le delno ustrezajo 4. točki Pravilnika o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode. Ta območja morajo biti opremljena z javno kanalizacijo in komunalno čistilno napravo do 31. decembra 2015, s priključitvijo najmanj 80% obremenitev do 31. decembra 2017.

Na področju vodnega zaledja Lijak takih naselij ni, na območju povodja reke Branice pa je v ta del OP odvajanja in čiščenja KOV vključeno celotno naselje Branik, hkrati s pripadajočim bližnjim naseljem Cvetroč (**Priloga B**).

#### 2.6.2.5 Naselja z obremenjenostjo 450 - 900 PE (10 - 20 PE/ha)

Takih območij je v Sloveniji 154. Ta območja morajo biti opremljena z javno kanalizacijo in komunalno čistilno napravo do 31. decembra 2015, do 31. decembra 2017 pa mora biti priključene na javno kanalizacijo najmanj 70 % obremenitve, ki nastaja zaradi odpadne vode na teh območjih. Takih območij na analiznih povodjih ni.

#### 2.6.2.6 Naselja z obremenjenostjo 50 - 450 PE (10 - 20 PE/ha)

Območij naselij s tako obremenjenostjo je v Sloveniji največ, kar 735. Ta območja se lahko uvrstijo v OP čiščenja odpadne komunalne vode le, če ima občina zagotovljene finančne vire za izvedbo svojih obveznosti do drugih, večjih aglomeracij. Območja, ki so uvrščena v ta del OP odvajanja in čiščenja odpadne vode, morajo biti opremljena z javno kanalizacijo in komunalno čistilno napravo do 31. decembra 2015, do konca leta 2017, pa mora biti priključene na javno kanalizacijo najmanj 70 % obremenitve, ki nastaja zaradi odpadne vode na teh območjih.

Naselij v povodju Lijaka, ki imajo take obremenitve je več, so pa glede na operativni program združena v večjo aglomeracijo Šempas-Ozeljan zaradi stičnih točk hektarskih celic. Ostala naselja s tega območja so še: Ajševica, Loke, Šmihel-Livešče in Visoko, vse pa so v MO Nova Gorica (**Priloga A**).

Na območju povodja Branice (**Priloga B**), je zaradi večje razpršenosti takih naselij več:

- Vipava: Gabrje, Šmarje, Vrtovče, Zavino,
- MO Nova Gorica: Saksid in Spodnja Branica,
- Komen: Združena naselja Koboli, Večkoti in Čehovini.

## **2.6.3 Financiranje čiščenja komunalne odpadne vode v preteklih letih**

Državni proračun:

- neposredno sofinanciranje, vključno s posojili evropske investicijske banke,
- taksa za obremenjevanje voda (uvedena leta 1996),
- vodna povračila za izgube vode iz vodovodnih omrežij (uvedena leta 2002).

Občinski proračun:

- neposredno sofinanciranje iz občinskega proračuna,
- posojila Ekološkega sklada, za izbrane prednostne naloge NPVO.

Občinske takse:

- plačila porabnikov pitne vode,
- odvajanje odpadne vode.

Zasebni sektor:

- sofinanciranje industrije v okviru skupnih investicij z javnim sektorjem,
- dolgoročne rezervacije podjetij za izvajanje okoljskih standardov ES,
- posojila Ekološkega sklada za privatni sektor, za prednostne naloge NPVO,
- zasebne naložbe v kmetijski sektor.

Programi sofinanciranja iz Evropske skupnosti:

- nepovratna sredstva,
- koncesijske pogodbe z zasebnim sektorjem.

Izvedba investicijskih projektov okoljske komunalne infrastrukture, sofinanciranih s sredstvi Kohezijskega sklada, skupaj s sredstvi MOP je potekalo po načrtu do konca leta 2006. V letu 2006 je prispevek Kohezijskega sklada znašal približno 9,2 milijonov €, prispevek MOP 5 milijonov €, preostanek investicij so bili prispevki občin iz okoljske dajatve (MOP, 2006) in občinskih taks preko plačil za porabo vode.

## **2.6.4 Financiranje v čiščenje komunalne odpadne vode danes**

Na področju odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih voda je bilo v zadnjih nekaj letih, zgrajenih več čistilnih naprav, s približno skupno kapaciteto čiščena 45.000 PE. Slabše je stanje na področju gradnje kanalskega sistema, saj je gradnja zaradi pridobivanja ustreznih soglasij počasnejša in zahteva večje sodelovanje lastnikov zemljišč. Občine so se po prejšnjih programih raje odločale za izgradnjo čistilnih naprav, ne pa tudi kanalizacije. Na MOP želijo centralizirati pripravo in financiranje investicij iz sredstev okoljskih dajatev, da bi trend preusmerili v gradnjo kanalskega sistema skupaj s čistilnimi napravami in obdelavo blata iz čistilnih naprav. Centraliziran pristop omogoča tudi lažje reševanje zapletov pri pridobivanju soglasij ustreznih služb.

Direktno sofinanciranje iz državnega proračuna, preko MOP, ne obstaja več, tako da se lokalne skupnosti lahko prijavijo s posameznim okoljskim programom na enega od dveh Evropskih skladov. Večje projekte lokalne skupnosti prijavijo za črpanje sredstev iz Evropskega kohezijskega sklada, manjši projekti pa lahko pridobijo sredstva iz Sklada za regionalni razvoj.

#### 2.6.4.1 Operativni program za krepitev razvoja okoljske infrastrukture

Operativni program za razvoj okoljske in prometne infrastrukture povezuje dva sklada in sicer Evropski sklad za regionalni razvoj (ESRR) in Kohezijski sklad. Operativni program je sestavljen do leta 2013. Njegov namen je razvoj okoljske in prometne infrastrukture ter spodbujanju učinkovite rabe energije in obnovljivih virov energije.

Na področju okolja bo podprta izgradnja odlagališč, kanalizacijskih sistemov in čistilnih naprav, vodovodov in ukrepov za zmanjšanje škodljivega delovanja voda. V nadaljevanju sta opisana oba sklada in način izrabe sredstev.

#### 2.6.4.2 Kohezijski sklad

Kohezijski sklad je finančni instrument politike enačenja članic ES, s katero ta spodbuja razvoj držav članic. Sklad prispeva k zmanjšanju razlik v razvitosti med državami ES in skladnejši razvoj članic, ter ES kot celote. Poleg prispevanja k zmanjševanju gospodarskih in socialnih razlik med državami ES, deluje v prid trajnostnega razvoja. Sklad sofinancira projekte s področja okolja in vseevropskih omrežij prometne infrastrukture v tistih državah članicah, katerih je BDP na prebivalca manjši od 90 % povprečja skupnosti. Sredi junija 2007 je Evropska komisija po pogajanjih s članicami EU določila višine sredstev iz kohezijske politike. Slovenija bo tako iz Kohezijskega sklada načrpal 1.4 milijarde €, namenjenih predvsem za izboljšanje prometne in okoljske infrastrukture. Skupna vrednost sredstev iz vseh skladov EU pa znaša 4,2 milijarde € (Delo, 20.6.07, str. 3).

Iz Kohezijskega sklada se sofinancirajo le veliki infrastrukturni projekti v višini več kot 10 milijonov €, ki znatno vplivajo na razvoj držav članic in so nacionalnega pomena. Za področje okolja so to projekti področjih oskrbe prebivalstva s pitno vodo, odvajanja in čiščenja odpadnih voda ter ravnanje z odpadki (SVLR, 2007). Glede na take meje, se nobeden projekt odvajanja in čiščenja odpadne komunalne vode na ozemlju povodij Lijak in Branica ne more financirati iz teh sredstev.

#### 2.6.4.3 Evropski sklad za regionalni razvoj (ESRR)

Vloga ESRR je pospeševanje vlaganj in zmanjševanje razlik med regijami ES. Med prioritete financiranja sodijo raziskave, inovacije, okoljska vprašanja in preprečevanje tveganj, pri čemer ima še vedno pomembno vlogo infrastruktura, zlasti v najmanj razvitih regijah. Vizija regionalnega razvoja v Sloveniji je skladen trajnostni razvoj, ki prepleta gospodarske, socialne in okoljske potenciale v vseh slovenskih regijah. Implementacija vizije bo zagotovila višjo življenjsko raven, kakovost osebnega zdravja in bivalnega okolja vseh prebivalcev Slovenije. Vse statistične regije v Sloveniji morajo v čim krajšem času pripraviti regionalne razvojne programe, ki bodo vsebovali ključne operacije za razvoj regije.

Razpoložljiva sredstva za regionalne razvojne programe v programskem obdobju 2007 do 2013, znašajo 586 milijonov €. Določene so tudi kvote sredstev za posamezne regije. Največji delež dobijo Podravska, Pomurska in Savinjska regija, najmanj pa osrednja Slovenija, ki zajema naše glavno mesto z okolico.

Goriška statistična regija bo imela v celotnem terminu na razpolago 40 milijonov €. Z njimi se lahko sofinancira največ 85 % celotnih upravičenih stroškov operacije. Najmanj 15 % celotnih upravičenih stroškov mora zagotoviti lokalna skupnost iz lastnih javnih virov, prav tako tudi sredstva za neupravičene stroške. Sem prištevamo predvsem vrednost DDV, odkupne cene zemljišč, ki presegajo tržne vrednosti in dodatna dela izven programa. Tudi višina upravičenih stroškov ni fiksna, saj se lahko proporcionalno zniža, če investicija ustvarja neto prihodek v času trajanja njene ekonomske dobe (SVLR, 2007).

Sredstva ESRR so zagotovljena v proračunu Republike Slovenije. Upravičenci do nepovratnih sredstev po tem razpisu so lahko le samoupravne lokalne skupnosti. Predmet sofinanciranja so projekti, vključeni v izvedbene načrte regionalnih razvojnih programov in potrjeni s strani svetov regij, z naslednjimi vsebinami:

- ekonomska in izobraževalna infrastruktura,
- prometna infrastruktura,
- okoljska infrastruktura,
- projekti v območjih s posebnimi varstvenimi režimi in v turističnih območjih,
- razvoj urbanih območij,
- hitrejša regionalna rast z ustvarjanjem novih delovnih mest.

#### 2.6.4.4 Upravičeni nameni sofinanciranja v okoljsko infrastrukturo

Investicije v okoljsko infrastrukturo predstavljajo le del vseh razpoložljivih programov. S tega vidika ne gre pričakovati, da bi lokalne skupnosti že v prvem javnem razpisu dale prednost reševanju okoljskih problemov pred ostalimi strateškimi načrti, kot je razvoj prometne infrastrukture in obnova urbanih območij. Vrednost investicijske operacije mora znašati najmanj 600.000 €, z vključenim davkom na dodano vrednost, neinvesticijska vrednost pa 150.000 €, z DDV. S to klavzulo so omejeni vsi morebitni programi financiranja v izgradnjo malih komunalnih čistilnih naprav, s pripadajočim kanalizacijskim omrežjem.

Upravičeni nameni porabe sredstev iz ESRR, za investicije v okoljsko infrastrukturo so:

- Izgradnja manjših javnih in individualnih komunalnih čistilnih naprav na območjih z nižjo gostoto prebivalstva, do 2.000 PE
- Izgradnja sistemov za odvajanje odpadnih komunalnih in padavinskih voda
- Vlaganja v zmanjšanje vodnih izgub na vodovodnih sistemih
- Posodobitev obstoječih vodovodnih sistemov
- Izgradnja rezervnih vodnih virov za manjše vodovodne sisteme

#### 2.6.4.5 Financiranje iz okoljske dajatve

V Sloveniji je bilo leta 1995 uvedeno plačilo takse za obremenjevanje voda. Podlaga za to je bil Zakon o varstvu okolja iz leta 1993. Po sprejetju novega Zakona o varstvu okolja, v letu 2004, se je taksa za obremenjevanje voda preimenovala v okoljsko dajatev za onesnaževanje okolja zaradi odvajanja odpadnih voda (Ur. list RS, št. 123/02, 41/04). Bistvena sprememba je bila, da se pridobljena sredstva ne namenja v investicije neposredno iz občinskih proračunov. Zavezanec za plačilo okoljske dajatve za odvajanje komunalne odpadne vode je izvajalec javne službe na območju lokalne skupnosti in sicer za komunalno odpadno vodo tistih uporabnikov, ki so priključeni na javno kanalizacijo ali odvajajo komunalno odpadno vodo skozi pretočno greznico ali v malo komunalno čistilno napravo.

Okoljsko dajatev izvrševalci javne službe odvajanja in čiščenja odpadnih komunalnih voda najprej plačajo v proračun RS, nato pa se ta sredstva dodeli občini, ki jih nameni za odobrene investicije. Uredba o okoljski dajatvi ima nekoliko podaljšano prehodno obdobje, tako da se dajatev na nov način obračunava šele v letošnjem letu. Okoljska dajatev se odmeri letno z odločbo v tekočem letu za preteklo leto in sicer na podlagi napovedi zavezanca za izvajanje javne službe.

Uredba o okoljski dajatvi (Ur. list RS, št. 123/04, 142/04), predvideva postopno in progresivno povečanje cene za enoto obremenitve. S tem je predvideno stimuliranje zavezancev, da čim prej zgradijo objekte za zmanjšanje obremenitve in si tako zmanjšajo plačilo okoljske dajatve. Potek naraščanja cene je bil predviden tako, da je v začetku višina okoljske dajatve relativno majhna, nato na neki točki doseže povprečno ceno čiščenja odpadne vode. Če v tem terminskem obdobju lokalne skupnosti še ne bodo poskrbele za ureditev čiščenja komunalne odpadne vode, bodo plačevale višji znesek okoljske dajatve, kot bi ga sicer namenili za čiščenje komunalne odpadne vode. Na pobudo občin je omogočena oprostitev plačila okoljske dajatve za tiste stavbe, ki do leta 2015 ne bodo priključene na javno kanalizacijo in torej za njih ureditev odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode ne bo mogla biti sofinancirana iz sredstev zbrane okoljske dajatve (OP KOV, 2004). Za vsa tako majhna naselja je občina dolžna pripraviti ustrezen program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode. Ekonomska analiza v tem diplomskem delu je v določeni meri namenjena tudi takim območjem, ki so ostala zunaj operativnega programa čiščenja odpadne komunalne vode in torej vsaj do leta 2017 ne morejo računati na nobena sredstva za izgradnjo potrebne infrastrukture za odvajanje in čiščenje komunalne odpadne vode.

#### 2.6.4.6 Višina letne okoljske dajatve za obremenjevanje voda

Višina letne okoljske dajatve se izračuna tako, da se število enot obremenitve pomnoži s ceno za enoto obremenitve, ki jo za vsako leto posebej določi vlada Republike Slovenije. Za obdobje od 01.01.2007 do 31.12.2007 znaša cena za enoto obremenitve voda 26,4125 €. Mesečna akontacija okoljske dajatve predstavlja dvanajstino letne okoljske dajatve (Ur. list RS, 138/06).

Za odpadno vodo, ki nastaja v kmetijstvu in se tudi uporablja v kmetijstvu na kmetijskih zemljiščih, se okoljska dajatev ne plačuje, potrebno pa je porabo vode v kmetijstvu verodostojno utemeljiti. Potrebna je ločena vodomerna naprava in upoštevanje pravilnika o izvajanju dobre kmetijske prakse (Ur. list RS, št.130/04). Izračun števila enot obremenitve:

1. Število enot obremenitve za odvajanje komunalne odpadne vode v javno kanalizacijo se izračuna tako, da se količina letno porabljene vode pomnoži s faktorjem 0,018.
2. Število enot obremenitve, za odvajanje komunalne odpadne vode preko pretočnih greznic, je enako količniku med letno količino porabljene pitne vode in povprečno letno količino porabljene pitne vode na prebivalca v RS, ki je statistično določena 50 m<sup>3</sup>.
3. Če se komunalna odpadna voda odvaja skozi malo čistilno napravo, se za izračun okoljske dajatve upošteva 15 % vrednosti, ki nastane, če se komunalno odpadno vodo odvaja le v javno kanalizacijo.

### 3 EKSPERIMENTALNI IN ANALIZNI DEL

#### 3.1 MATERIALI

##### 3.1.1 Kemikalije za gojišča

Tripton medij.....	Fluka, Švica
Laktoza monohidrat .....	Fluka, Švica
Fenol rdeče, indikator .....	Riedel de Haën, Nemčija
Dikalijev hidrogen fosfat.....	Scharlau, Španija
Kalijev dihidrogen fosfat.....	Riedel de Haën, Nemčija
Natrijev klorid.....	Carlo Erba, Italija
Mac Conkey agar.....	Fluka, Švica
Tehnični agar.....	Fluka, Švica
Deionizirana voda (dH <sub>2</sub> O)	

##### 3.1.2 Pribor in drobna oprema

Sterilne petrijevke .....	Nalge Nunc International, ZDA
Avtomatske pipete: P-200, P-1000 .....	Gilson, Francija
nastavki za pipete 1 ml .....	Plastibrand, Nemčija
Sterilni analitski filtri v 150 ml posodi .....	Nalge Nunc International, ZDA
O,2 µm sterilni filtri za siringe.....	Macherey Nagel, Nemčija
Sterilne siringe .....	Dispomed Witt, Nemčija
Erlenmajerice 250 ml .....	Rasotherm, Nemčija
Merilni valj 50 ml .....	Hirschmann, Nemčija
Steklene čaša 1 l .....	Schott Duran, Nemčija

Magnetki za mešalo  
Platinasta cepilna zanka  
Stojalo za epruvete  
Aluminij folija

##### 3.1.3 Laboratorijska oprema

Avtoklav .....	Sutjeska Beograd, Jugoslavija
Fotoaparat Olympus FE-100.....	Olympus Europa, Nemčija
Hladilnik HZS 1856 .....	Gorenje, Slovenija
Elektronska tehtnica PB 602.....	Mettler, Švica
Magnetno mešalo, Monotherm .....	Variomag, ZDA
Magnetno mešalo, MM-531 .....	Tehtnica, Slovenija
Inkubator .....	Sutjeska, Jugoslavija
Gorilnik Bunsen .....	Cole Parmer, ZDA
Ionski kromatograf .....	Shimadzu, Japonska
Izmenjevalna kolona Ionpac AS4A-SC .....	Dionex, ZDA

### 3.1.4 Gojišča

#### 1. Sestavine pripravljenega obogatnega tekočega gojišča za koliformne bakterije:

Tripton .....	10 g
Natrijev klorid.....	8 g
Laktoza monohidrat .....	20 g
Pirokalijev hidrogen fosfat.....	2.5 g
Fenol rdeče.....	0.02 g
Deionizirana H <sub>2</sub> O .....	do 1 L

Vse sestavine smo odtehtali v litrsko bučo, dolili dH<sub>2</sub>O do 1 L in postavili na magnetno mešalo. Počakali smo približno pol ure, da so se sestavine raztopile. Z merilnim valjem smo prenesli po 10 ml medija v epruvete. V pripravljeno epruveto smo postavili Durhamovo stekleno tubo, epruveto obrnili in počakali, da v tubi ni bilo več zraka. Epruvete smo zaprli s kovinskim pokrovčkom, jih položili v stojalo, ter pripravljene medije 20 min sterilizirali v avtoklavu pri 121°C in tlaku 1.3 bar.

#### 2. Sestavine pripravljenega osnovnega tekočega gojišča za koliformne bakterije:

Tripton .....	10 g
Natrijev klorid.....	8 g
Laktoza monohidrat .....	10 g
Pirokalijev hidrogen fosfat.....	2.5 g
Fenol rdeče.....	0.02 g
Deionizirana H <sub>2</sub> O .....	do 1 L

Vse sestavine smo odtehtali v litrsko bučo, dolili dH<sub>2</sub>O do 1 L in postavili na magnetno mešalo. Počakali smo pol ure, da so se sestavine raztopile. Z merilnim valjem smo prenesli po 9 ml medija v vsako epruveto, postopki pa so bili isti kot v prejšnji točki.

#### 3. Sestavine selektivnega trdnega gojišča Mac Conkey:

Pepton .....	20 g
Natrijev klorid.....	5 g
Laktoza.....	10 g
Soli žolča .....	5 g
Nevtral rdeče .....	0.075 g
Agar.....	12 g
Dodatni tehnični agar.....	8 g
Deionizirana H <sub>2</sub> O .....	do 1

Vse sestavine smo odtehtali v litrsko bučo, dolili dH<sub>2</sub>O in postavili na magnetno mešalo. Počakali smo približno pol ure, da so se sestavine raztopile. Vsebinsko smo prelili v več 250 ml erlenmajeric, jih pokrili z aluminij folijo, ter medij 20 min sterilizirali v avtoklavu pri 121°C in tlaku 1.3 bar. Po avtoklaviranju smo počakali, da se avtoklav nekoliko ohladi, nato smo steriliziran medij prenesli na magnetno mešalo, kjer se je med mešanjem še dodatno ohladil. Ko je temperatura medija dosegla približno 50 do 60°C smo ga vili v sterilne petrijevke. Pripravljena gojišča smo pustili en dan pri sobni temperaturi, nato pa do uporabe shranili v hladilniku.

## 3.2 METODE

### 3.2.1 Spremljanje rasti mikroorganizmov

Rast mikroorganizmov lahko spremljamo na več načinov: s štetjem celic pod mikroskopom, z gojitvenimi števničnimi metodami, s spektrofotometričnim določanjem optične gostote tekoče kulture, z merjenjem količine suhe snovi mikrobnih celic, s spremljanjem porabe substrata ali povečanja mikrobnega produkta (Čadež in sod., 2005). Števne metode so najbolj pogosto uporabljeni pristop za določanje velikosti mikrobnih populacij. Uporabne so tako pri delu s čistimi kulturami, kot tudi za določanje velikosti mikrobnih populacij ali združb v heterogenih naravnih vzorcih, kar seveda tekoča površinska voda iz naših vzorčenj tudi je. Ločimo direktne in indirektne oziroma gojitvene števne metode. Pri direktnih metodah preštujemo celice s pomočjo mikroskopa neposredno v vzorcu.

Z indirektnimi gojitvenim načinom določamo število živih celic, ki so sposobne rasti na uporabljenih gojiščih in v razmerah inkubacije. Za namene preučevanja lastnosti izbranega mikroorganizma ali več organizmov s skupnimi lastnostmi je nujna njihova izolacija iz naravnega okolja. Na osnovi različnih prehranskih in okoljskih zahtev, lahko z izbiro pravih pogojev, mikroorganizme številčno obogatimo in v različnih postopkih tudi izoliramo (Čadež in sod., 2005). Indirektne števne metode smo uporabili za določanje prisotnih koliformnih bakterij v odvzetih vzorcih voda s povodja vodotokov Lijaka in Branice.

#### 3.2.1.1 Ugotavljanje prisotnosti koliformnih bakterij s fermentacijo laktoze

Skupina koliformnih MO se sestoji iz vrst bakterij, ki jih prištevamo v družino enterobakterij. To je zgodovinska definicija, ki se naslanja na metodo določanja s fermentacijo laktoze, ne pa na sistematično bakteriologijo. Za metodo je značilno, da se z njo lahko definira skupino bakterij, kateri so fakultativni anaerobi, negativni po Gramu, ne formirajo spor in fermentirajo laktozo do kislih produktov in plina. Ta dva produkta lahko enostavno kontroliramo in potrdimo ali ovržemo prisotnost skupine koliformnih bakterij v vzorcu (Standard methods, 1998: pogl. 9221). Za določevanje koliformnih bakterij se lahko uporablja več tehnik:

- koli titer (ang. Multiple Tube Fermentation Technique) je fermentativna metoda z več zaporednimi redčenji in določanjem najbolj verjetnega števila bakterij MPN (ang. Most Probable Number)
- štetje kolonij na filtru MF (ang. Membrane Filter Technique)
- ugotavljanje prisotnosti encima  $\beta$ -galaktozidaze

Za potrebe našega dela smo uporabili koli titer metodo v jesenskem terminu vzorčenj in štetje kolonij na filtru v pomladnem terminu odvzemanja vzorcev površinske vode.

#### 3.2.1.2 Koli titer površinske vode

Če želimo v kompleksnem sistemu, kot je površinska voda določiti številčno zastopanost izbrane skupine mikroorganizmov, uporabimo to metodo, tako da uporabimo selektivno gojišče, ki omogoča rast samo določeni skupini mikroorganizmov, v tem primeru koliformnim bakterijam. Pri našem delu uporabimo serijo tekočih gojišč z dodatkom laktoze, katero so koliformne bakterije sposobne fermentirati do kisline in plina. Rezultat dobljen po 24 urah inkubacije pri 35°C, je predstavljen kot MPN celic in ta predstavlja oceno števila organizmov v 100 ml vzorca.



Večjo natančnost dosežemo s čim več redčenji, vendar smo bili pri tej postavki nekoliko omejeni zaradi velikega števila vzorcev in razpoložljive laboratorijske steklovine. Uporabimo 10 ml vzorca, ki ga s siringo aseptično nacepimo v prvo epruveto z dvojno koncentracijo laktoze. Za nadaljnja redčenja uporabimo avtomatski pipetor z 1 ml nastavkom, katerega po vsaki seriji ponovitev zamenjamo. Zaradi velikega števila vzorcev smo 'koli titer' izvedli na dva načina:

1. Za jesensko vzorčenje na področju Lijaka smo uporabili koli titer 3x3, kar pomeni tri serije treh redčenj z 10, 1 in 0.1 ml vzorca vode (**Priloga G**).
2. Za jesenski termin analize vzorcev s področja Branice smo uporabili koli titer 3x5, oz. tri serije redčenj z 10, 1, 0.1, 0.01 in 0.001 ml vzorca vode (**Priloga G**).

Tako pripravljene serije redčenj označimo in inkubiramo pri 37°C za dva dni. Po inkubaciji preštujemo epruvete, kjer je laktoza fermentirana do kislih produktov in plina. Za pozitivne lahko štejemo le epruvete, kjer sta prisotna oba produkta. Iz statistično utemeljenih tabel odčitamo najverjetnejše število koliformnih bakterij. Kot tabelo za ugotavljanje MPN smo uporabljali tabelo J. C. de Man, ki je izboljšana Mc Cradyeva tabela (De Man, 1977).

Produkcija kisline in plina je le prva potrditev skupnih koliformnov. Za potrditev fekalnih koliformnov je potrebno izvesti še potrditveni test. Izvedli smo ga tako, da smo s cepilno zanko z delom ob plamenu kulturo iz ene od pozitivnih epruvet nacepili na selektivno trdno gojišče za enterobakterije, Mac Conkey. Postopek smo ponovili za vsa vzorčna mesta z eno od pozitivnih epruvet enakega redčenja, ki je v vseh primerih dala pozitiven rezultat. Za vse omenjene postopke smo uporabili aseptično tehniko nacepljanja ob plamenu (**Priloga G**). Selektivna trdna gojišča smo nato 24 ur inkubirali pri 44.5°C, kot dokaz za prisotnost bakterij fekalnega izvora, saj ostale koliformne bakterije, ki so tudi prisotne v okolju, pri tej temperaturi ne rastejo več. Po končani inkubaciji smo vse petrijevke pregledali, poslikali in opisali rast (**Priloga G**).

### 3.2.1.3 Štetje kolonij na filtru MF

Tehnika MF (ang. Membrane Filter) je enostavnejša in precej hitrejša od Koli titer testa. Uporablja se za vse vrste vod, predvsem pa za tiste z manjšo turbidenco in vsebnostjo nekoliiformnih organizmov ali alg, ki lahko zameglijo dejansko stanje totalnih in fekalnih koliformnov (Standard methods, 1998: pogl. 9222). Za vzorčenje smo uporabili predpakirane 150 ml vzorčevalnike Nalgene, z že vgrajenim filtrom. Po vzorčenju smo filter v aseptičnih pogojih dela prenesli na Mac Conkey gojišče in inkubirali 24 ur pri temperaturi 44.5°C (**Priloga H**). Po inkubaciji smo lahko na filtru prešteli vse kolonije, ki so zrasle iz celic fekalnega izvora. Po štetju smo celice, ki so si bile različne po obliki in barvi še enkrat inkubirali, s čimer smo potrdili obstoj različnih fekalnih kolonij v vzorcu (**Priloga H**). Zaradi velikega števila različnih vzorcev je bilo težko ovrednotiti količino filtrata, da bi imeli primerljive in dobro čitljive rezultate, ki so za to metodo med 20 in 200 kolonij na filter (Standard methods, 1998: pogl. 9222). Način filtriranja in količino filtrata smo sproti prilagajali, tako da so dobljeni rezultati lahko primerljivi:

1. Za vsa spomladanska vzorčenja na področju Branice smo uporabili 100 ml površinske vode, katero smo prefiltrirali v sterilni kontejner za nadaljnje analize.
2. Za del spomladanska vzorčenja na področju Lijaka smo uporabili 100 ml površinske vode, katero smo prefiltrirali v sterilni kontejner za nadaljnje analize. Preostale vzorce smo redčili s sterilizirano, 2x deionizirano vodo, v razmerju 1:1, vzorčili pa smo 50 oz. 10 ml površinske vode.

### 3.2.2. Analiza vzorcev glede prisotnih anionov

Za analizo raztopljenih soli v vzorcih vode smo izbrali štiri najbolj značilne anione iz katerih smo lahko potegnili določene zaključke o stanju same vode. Anioni, katere smo kontrolirali so bili:

- klorid,  $\text{Cl}^-$ ,
- nitrat,  $\text{NO}_3^-$ ,
- fosfat,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,
- sulfat,  $\text{SO}_4^{2-}$ .

Vsebnost prisotnih anionov v površinski vodi smo analizirali z ionsko kromatografijo, po standardu v EN ISO 10304-1. Izvedli smo analizo vseh vzorcev na ionskem kromatografu Shimadzu, s kolono Ionpac AS4 A-SC. Nosilna mobilna faza je bila puferska raztopina 1,7 mM natrijevega hidrogen karbonata ( $\text{NaHCO}_3$ ) in 1.8 mM natrijevega karbonata ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Pretok skozi kolono je znašal 2 ml/min.

Za vse vzorce smo dobili izrisane vrednosti v obliki ionskega kromatograma. Retencijske čase za anione smo dobili s primerjavo standardnih raztopin anionov, katere smo določali. Standardne raztopine so bile potrebne tudi za sestavo umeritvene krivulje iz katere smo določali koncentracijo anionov v vzorcih vode (**Priloga I**).

#### 3.2.2.1 Standardne raztopine

Standardne raztopine smo pripravili tako, da smo v erlenmajerico zatehtali soli anionov, ki so nas zanimali. Pred pripravo standardnih raztopin smo skozi kolono spustili nekaj naših vzorcev, tako da smo približno ocenili razmerje med vrhovi pikov. V vseh kromatogramih sta pika, ki ustrežata retencijskemu času za klorid in sulfat izstopala za več nivojev. Določili smo, da sta oba vrhova približno za pet krat višja od nitratnega pika. Čeprav v slepih terenskih vzorcih nismo zaznali pika za fosfat, smo tudi za analizo tega aniona uporabili enake koncentracije kot za nitrat. Iz molskih razmerij smo preračunali ekvivalentno količino potrebnih soli za analizo. Pripravili smo osnovno raztopino mešanice soli, ki je vsebovala:

- |                                       |             |                             |
|---------------------------------------|-------------|-----------------------------|
| • 823,9 mg NaCl,                      | kar ustreza | 500 mg/L $\text{Cl}^-$      |
| • 137,1 mg $\text{NaNO}_3$ ,          | kar ustreza | 100 mg/L $\text{NO}_3^-$    |
| • 172,6 mg $\text{Na}_3\text{PO}_4$ , | kar ustreza | 100 mg/L $\text{PO}_4^{3-}$ |
| • 739,6 mg $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , | kar ustreza | 500 mg/L $\text{SO}_4^{2-}$ |
| • deionizirana voda                   |             | do oznake 1L                |

Za določitev vsebnosti posameznih anionov v vzorcih smo pripravili več redčenj osnovne raztopine, tako da smo imeli nitrat in ortofosfat pokrite od 1 do 100 mg/L, klorid in sulfat pa od 5 do 500 mg/L. Za vse anione, ki smo jih pričakovali v analizi smo izdelali umeritvene premice (**Priloga I**).

#### 3.2.2.2 Meje detekcije ionskega kromatografa

Meje detekcije za posamezni anion se izračuna iz kvocienta treh standardnih odklonov in naklona umeritvene premice za posamezni anion. Standardni odkloni slepih vzorcev anionov in nakloni umeritvenih premic (**Priloga I**):

- |                      |           |             |
|----------------------|-----------|-------------|
| • $\text{Cl}^-$      | s = 191,6 | k = 3.665,4 |
| • $\text{NO}_3^-$    | s = 132,2 | k = 1.068,1 |
| • $\text{PO}_4^{3-}$ | s = 325,3 | k = 537,6   |
| • $\text{SO}_4^{2-}$ | s = 302,6 | k = 1.707,2 |

Izračunane meje detekcije DL (ang. Detection Limit), se glede na posamezni anion, med seboj razlikujejo:

- $\text{Cl}^-$  DL = 0,16 mg/L
- $\text{NO}_3^-$  DL = 0,37 mg/L
- $\text{PO}_4^{3-}$  DL = 1,81 mg/L
- $\text{SO}_4^{2-}$  DL = 0,53 mg/L

Glede na izračunane meje detekcije, ortofosfat precej izstopa z visoko vrednostjo, kar je mogoče glavni razlog, da ga v nobenem vzorcu nismo zasledili. Za vse ostale anione je meja detekcije pri nižji koncentraciji, kar pa velja tudi za ugotovljene koncentracije v površinskih vodah iz povodij Lijaka in Branice, kjer smo jih lahko v vseh vzorcih natančno določali.

### 3.3 VZORČENJE

#### 3.3.1 Metodologija izbora vzorčnih mest

V Sloveniji se po Okvirni Vodni Smernici in njenih aneksih ter z upoštevanjem Odločbe ES št. 2455/2001 določa tudi metodologija izbora vzorčnih mest za izbrane vodotoke, za katere je monitoring potreben. Sam monitoring se izvaja na podlagi Zakona o varstvu okolja in Zakona o vodah. Vodotoka Lijak in Branica, zaradi majhne prispevne površine povodja za proces monitoringa nista predvidena. V izboru vzorčnih mest za izvedbo naloge smo upoštevali navodila za izvajanje monitoringa, ki izhajajo iz omenjene zakonodaje. Metodologija za določitev približnih mest vzorčenja:

- Pregled stanja v naravi, s poudarkom na naseljih in večjimi intenzivnimi kmetijskimi površinami, ali drugačno kmetijsko dejavnostjo.
- Reprezentativno mesto za kontrolo izpustov in pregled samočistilne sposobnosti vodotoka in posledično celotnega povodja, je bilo umeščeno v zadnji del, nekaj sto metrov pred izlivom.
- Vzorčna mesta niso bila nikoli izbrana neposredno na vplivnem mestu, kar pomeni, da smo vedno vzorčili najmanj sto metrov nizvodno od komunalne obremenitve iz naselja. V kolikor je bilo vzorčno mesto med kmetijskimi površinami, so lege le teh opisane za vsako odvzemno mesto posebej.
- Izogibali smo se lokacijam, kjer se hitrost vode poveča, ali popolnoma zastane. Za vsa vzorčenja smo izbrali mesta kjer je tok zelo počasen, hitrosti in pretoka pa nismo dodatno merili.

Vzorčenje smo izvajali ročno in zajeli trenutni vzorec, ki je bil za vsa vzorčna mesta enega povodja v istem dnevu. Vzorec nam predstavlja kakovostno stanje vode v določenem času. Pri podajanju rezultatov analize podajamo zato tudi dan vzorčenja. Tako lahko vzorčimo le vode, katerih kakovost se s časom le malo spreminja, kamor površinski vodotoki tudi spadajo. Vzorec zajamemo iz glavnega toka vode v sterilno posodo. Tako vzorec ne vsebuje različnih primesi, ki znižujejo natančnost rezultata.

#### 3.3.2 Izbor vzorčnih mest in način vzorčenja v jesenskem terminu

Vzorčna mesta so bila izbrana glede na vplive zaledja, ki so tudi v oceni stanja za površinske vode (ARSO, 2006), za ta predel opredeljena kot najbolj problematična.

Zelo razpršena poselitev in mestoma intenzivno kmetijstvo, sta gotovo ključni obremenitvi na površinske vode. Glede na razpoložljiva finančna sredstva, laboratorijsko opremo in skopo odmerjen čas, smo predvidenih sto skupnih vzorčnih mest skrčili za več kot polovico. Tako smo za povodje Lijaka izbrali 27 mest vzorčenja, za bazen Branice, ki je precej ožji, pa 17 vzorčnih mest.

Pred vzorčenjem smo se odločili, da bomo vzorčili na 27 reprezentativnih mestih na povodju Lijaka, ki so opisana v **prilogi E** in prikazana na **sliki 3.1**. Vzrok za tako število vzorcev je bil v številu predhodno pripravljenih gojišč. Prvič smo vzorčili v jesenskem terminu 28. 11. 2006, preko celega dneva. Vreme na ta dan je bilo oblačno z zunanjo temperaturo zraka 12 do 13°C. Vzorce smo v predhodno sterilizirane steklene čaše, z volumnom 100 ml. Vsakemu vzorčenju je sledil natančen opis mesta odvzema. Na samem mestu nismo spremljali nobenih parametrov, kot so temperatura, prevodnost, količina raztopljenega kisika ipd., ki se spremljajo ob običajnem monitoringu. Vzorce smo prekrili s sterilnimi pokrovčki in postavili v prenosni hladilnik. Po končanem vzorčenju smo še isti dan nadaljevali z laboratorijskim delom.



**Slika 3.1** Izbor vzorčnih mest na povodju vodotoka Lijak (vir: Google Earth in avtor)

Na reki Branici in njenih pritokih smo določili 17 reprezentativnih mest za odvzem vzorca (**Slika 3.2 in Priloga F**). Jesensko vzorčenje je potekalo 5. 12. 2006, med 9. in 15. uro. Vreme je bilo delno jasno z neobičajno visoko temperaturo za ta letni čas, ki se je gibala med 13 in 14°C. Vzorce smo v predhodno sterilizirane steklene čaše in jih nekaj ur, do cepitve na gojišča v popoldanskem času, hranimo v prenosnem hladilniku.



**Slika 3.2** Izbor vzorčnih mest na povodju reke Branice (vir: Google Earth in avtor)

### 3.3.3 Vzorčenje v pomladnem terminu

V pomladnem terminu smo na povodju Lijaka (**Priloga E**) vzorčili 21.3. 2007. Delo na terenu je bilo podobno prejšnjemu odvzemu vzorcev v novembru. Delo je bilo lažje in hitrejše, saj smo uporabili predpakirane sterilizirane 150 ml kontejnerje s filtrom. Vzorec vode smo s sterilno siringo spustili v lij in jo z zračno vakuumsko črpalko prečrpali skozi filter. Del vzorcev smo glede na videne rezultate bioloških parametrov z območja Branice ustrezno redčili z dvakrat deionizirano vodo. Celoten kontejner smo shranili v hladilni torbi, do analize v laboratoriju (**Priloga K**).

Vzorčenje na povodju Branice (**Priloga F**) smo izvedli 20. 3. 2007. Omeniti moramo, da je vzorčenje potekalo v sploh edinem možnem pomladnem terminu, saj je suhemu vremenu pred tem datumom, sledil še dober mesec suše. Deževalo je le dan pred vzorčenjem, tako da je bila voda mestoma kalna. Vzorcev nismo redčili, saj ni bilo časa, niti dovolj sredstev za nabavo več sterilnih filtrov v embalaži za enkratno uporabo, da bi izvedli preliminarne teste. Delali smo po enakem postopku, kot je že opisan zgoraj (**Priloga K**).

## 3.4 EKONOMSKA ANALIZA ČIŠČENJA KOV

### 3.4.1 Čiščenje komunalne odpadne vode v aglomeraciji Šempas

Območja naselij z obremenjenostjo med 2000 PE in 15.000 PE morajo biti opremljena z javno kanalizacijo in komunalno čistilno napravo do 31. decembra 2015, do 31. decembra 2017 pa mora biti priključene na javno kanalizacijo najmanj 95 % obremenitve, ki nastaja zaradi odpadne vode na teh območjih. Na povodju Lijaka je tako območje nastalo z agregacijo naselij iz vrhnjega toka vodotoka, ki vključuje Ozeljan, Šmihel, Šempas, Osek in del naselja Vitovlje.

Za aglomeracijo naselij Šempas, Ozeljan in širše okolice je predvideno čiščenje v centralni čistilni napravi, ki bi imela kapaciteto čiščenja 3.000 PE. Naprava bo delovala po sistemu dvojnega recikla aktivnega blata, za stopnjo aerobnega čiščenja biološkega onesnaženja in za nitrifikacijsko stopnjo. Projektirano končno kapaciteto, bo naprava dosegla glede na naravni prirastek in migracije v trajanju ekonomske dobe. V obdobju 30 let, ki je predvidena ekonomska doba za take objekte, bi se posledično večali prihodki, medtem ko bi se stroški vzdrževanja in obratovanja za plačnike nižali. Glede na podatke, pridobljene pri družbi Projekt d.d., bodo planirani investicijski stroški

izgradnje ČN dosegli 2,2 milijona €. Popolni stroški investicije v izgradnjo kanalskih vodov, zaradi izredne razvejanosti terena in neurejenega financiranja še niso izdelani v celoti. Skupni stroški izdelave kanalizacije bodo preseglji vrednost investicije v gradnjo čistilne naprave.

### 3.4.2 Čiščenje komunalne odpadne vode za naselja 50-2000 PE (> 20 PE/ha)

Območja naselij z obremenjenostjo med 50 in 2.000 PE morajo biti po operativnem programu odvajanja in čiščenja odpadne komunalne vode (OP KOV, 2004), opremljena z javno kanalizacijo in komunalno čistilno napravo do 31. decembra 2015, do 31. decembra 2017 pa mora biti priključene na javno kanalizacijo najmanj 95 % obremenitve, ki tam nastaja. Na območju Lijaka je taka aglomeracija Vogrsko, ki še ni zajeta v operativni program odvajanja in čiščenja odpadne vode. V porečju Branice spadata v ta del operativnega programa naselji Preserje in Urh, ki tvorita celoto tudi na zemljevidu aglomeracij (**Priloga B**).

### 3.4.3 Čiščenje odpadne komunalne vode za naselja 50-450 PE (10-20 PE/ha)

Območja z obremenjenostjo 50-450 PE in gostoto 10-20 PE/ha, se lahko uvrstijo v operativni program čiščenja odpadne komunalne vode le, če ima občina zagotovljene finančne vire za izvedbo svojih obveznosti do drugih, večjih aglomeracij. Iz tega vidika so ta naselja najzanimivejša za analizo. Na območju povodja Lijak so taka naselja razvidna iz **Priloge A**, razdeljena po občinskih mejah, pa so:

- MO Nova Gorica: Ajševica, Loke, Šmihel-Livešče, Visoko in stari del vasi Vitovlje, pod stenami Trnovskega roba,
- Renče-Vogrsko: Jazbine in Mali Dunaj, ki sta lokalni krajevni imeni za naselji v sklopu Vogrskega in zato tudi ti dve še nista v operativnem programu

Glede na večje razdalje med posameznimi vasmi na območju Branice je posledično tudi takih naselij več (**Priloga B**). V ta del OP opremljanja s potrebno infrastrukturo spadajo po občinah:

- Vipava: Gabrje, Šmarje, Vrtovče, in Zavino,
- MO Nova Gorica: Saksid in Spodnja Branica,
- Komen: Združena naselja Koboli, Večkoti in Čehovini.

### 3.4.4 Čiščenje odpadne komunalne vode za naselja pod 50 PE

Izgradnje in obratovanje čistilnih naprav je sicer velik strošek, toda za zagotovitev čistega okolja in neoporečnih voda, ga je za vse novogradnje potrebno predvideti v investiciji, vsem starejšim naseljem, pa je potrebno zagotoviti primerno čiščenje. Lokalne skupnosti se morajo zavedati pomena čistih voda in v proračunih predvideti sredstva, ki bi omogočala vsaj delno pokritje stroškov izgradnje malih ČN. Na obeh območjih analize je kar nekaj naselij, ki imajo obremenjenost manjšo od 50 PE in zato jih OP ne zajema. V naši zakonodaji posamezne hiše ali naselja z obremenitvijo do 50 populacijskih ekvivalentov niso vključene v območja, kjer za odvajanje in čiščenje odpadnih vod skrbijo javne službe. To ne pomeni, da ti objekti ne potrebujejo zbiranja in čiščenja odpadnih voda, temveč zgolj to, da je zakonodajalec skrb in kritje stroškov za izgradnjo sistema v celoti prevalil na prebivalce takih območij.

V analizi bomo obravnavali le nekaj izmed takih naselij z obeh območij in poskušali izbrati ustrezno splošno metodo, ki bi zagotovila ustrezno skrb za vode tudi takim naseljem. Na območju Lijaka so taki primeri Okroglica, Mandrija in Paskonišče. Na območju povodja reke Branice je takih naselij precej več, razdeljene po občinah so:

- Ajdovščina: Hrastje, Potok, Lisjaki,
- MO Nova Gorica: Steske, Pedrovo, Sv. Martin, Mesarji, Škrbiči, Čipnji,
- Komen: Trebižani, Dolanci, Kodreti.

### **3.4.5 Ekonomska analiza različnih možnosti investicije za male ČN**

Analiza je bila izvedena za dva različna postopka. Vzroki za tako izbiro izhajajo iz poglavja o možnih tehničnih rešitvah, predstavljena izbira pa je opisana v **poglavju 2.5.11**. Kot primer intenzivne oksidacije smo izbrali SBR čistilno napravo cenovno najugodnejšega dobavitelja izmed vseh, ki so odgovorili s ponudbo. Izbrali smo Aquamax biološko SBR čistilno napravo, nemškega proizvajalca. Distributer AT Maribor zagotavlja, da naprava ustreza Uredbi o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih vod iz malih komunalnih čistilnih naprav (Ur.list RS št. 103/02, 41/04).

Kot protiutež intenzivnemu postopku smo izbrali naravno ekstenzivno čiščenje v rastlinski čistilni napravi (RČN). Predvideli smo izgradnjo RČN s podpovršinskim vertikalnim tokom (Marangon in sod., 2002). Ta kombinacija je uporabljena kot zelo primerna rešitev, glede na dosežene rezultate čiščenja, pritisk na pokrajino in višino investicijskih stroškov. Uporabljen je bil model RČN, ki ga izdeluje podjetje IGP s.r.l., s tehnično podporo centra CETA, enota Trst. Tudi za ta model čiščenja tehnično vodstvo zagotavlja spoštovanje Uredbe o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih vod iz malih komunalnih čistilnih naprav (Ur.list RS št. 103/02, 41/04).

Stroški izvedbe kanalizacije so zelo odvisni od gostote poselitve. Tu smo že v začetnih pogojih soočeni z razpršeno poselitvijo, ki gotovo bistveno vpliva na končno oceno stroškov izgradnje komunalne infrastrukture. Za izračun vrednosti teh stroškov smo uporabili strokovna navodila iz operativnega programa odvajanja in čiščenja odpadne komunalne vode, ki so opisana v **poglavju 2.6.1**.

## 4 REZULTATI IN RAZPRAVA

### 4.1 REZULTATI MIKROBIOLOŠKE ANALIZE VODA

#### 4.1.1 Mikroorganizmi v vodah

Za določanje mikroorganizmov fekalnega izvora smo uporabljali predpisane tehnike iz strokovne publikacije 'Standard methods for the examination of water and wastewater' (Clesceri in sod., 1998). Uporabljeni postopki in metode so podrobneje opisane v **poglavju 3.2.1**. Med jesenskim vzorčenjem smo uporabljali koli titer metodo, s katero smo določali MPN za skupne koliformne, ter nato le potrdili prisotnost fekalnih koliformnih bakterij. Za vzorce spomladanskega vzorčenja smo izbrali metodo štetja kolonij na filtru MF, z inkubacijo gojišč pri temperaturi 44,5°C, kjer preživijo le fekalni koliformni, katere smo s štetjem direktno določali. S tega vidika dobljeni rezultati med seboj niso direktno primerljivi in služijo le kot indikator fekalnega onesnaženja. Kljub vsemu so mesta z največjim fekalnim onesnaženjem v pomladnem terminu vzorčenj ista kot v jesenskem terminu. Za teoretično primerjavo nam lahko služi podatek, da je delež fekalnih organizmov med skupnimi, manjši za približno razred  $10^{-1}$  (Tchobanoglous in sod., 2003), ker pa razmer dveh različnih vzorčenj ne gre enačiti, tega podatka ni mogoče dosledno uporabiti. Glede na to, da nas zanimajo predvsem mesta maksimalnih obremenitev, smo oba podatka podali na istem mestu (**Preglednica 4.1**).

#### 4.1.2 Mikrobiološka analiza voda na povodjih Lijaka in Branice

Rezultati mikrobiološke analize za vode v bližini naselij niso vzpodbudni. Tako iz jesenskega vzorčenja in analiz skupnih koliformnov, kot po analizi fekalnih koliformnov spomladi, sledi zaključek, da so analizirane vode močno fekalno onesnažene. Največje obremenitve z biološkim onesnaženjem se pojavljajo na mestih, ki imajo v neposrednem zaledju naselje in lahko te obremenitve voda neposredno povežemo s komunalnimi odpadnimi vodami.

Vzorčni mesti 3 in 4 v povodju Lijaka in 11 v povodju Branice so bili izbrani kot lokalna referenca, saj v zaledju nimajo naselja, iz česar sklepamo, da so njihove vrednosti normalno ozadje za skupne in fekalne koliformne. Vrednosti v teh vodah so bistveno nižje od nekaterih v bližini naselij (**Preglednica 4.1**).

Kljub zelo slabemu mikrobiološkemu stanju voda pod naselji je kar nekaj potokov, ki niso v bližini naselij, pokazalo vzpodbudno stanje in bi po programu o spremljanju površinskih voda za oskrbo ljudi, bili uvrščeni v II. ali III. razred vod za oskrbo s pitno vodo, kjer je zgornja meja pred dezinfekcijo, 200 fekalnih bakterij v 100 ml vode (ARSO, 2006).

Po Uredbi o kopalnih vodah (2006/7/ES) je dovoljeno do 2000 fekalnih koliformnov v 100 ml vode. Vse površinske vode iz vzorčenja, ki niso v bližini naselij zadovoljujejo to uredbo in so torej primerne za kopanje, vendar je zahteva slovenske zakonodaje strožja z zgornjo mejo 500 celic v 100 ml vode (Ur. list RS, št. 96/06), ki jo še vedno nekatere analizirane vode dosegajo (**Preglednica 4.1**).



V nekaterih vodah, kamor spada tudi jezero Vogršček, ki ga ljudje tudi dejansko uporabljajo za kopanje, bi se lahko celo izobesilo modro zastavo, ki je znak za izredno čiste vode, s koncentracijo fekalnih koliformnov pod 100 celic v 100 ml vode (ARSO, 2006). Preden pa lahko resnično pohvalimo mikrobiološko stanje nekaterih voda je potrebno podčrtati dejstvo, da se je analiza izvajala jeseni in pomladi, ko so temperature nižje in je aktivnost bakterij bistveno manjša.

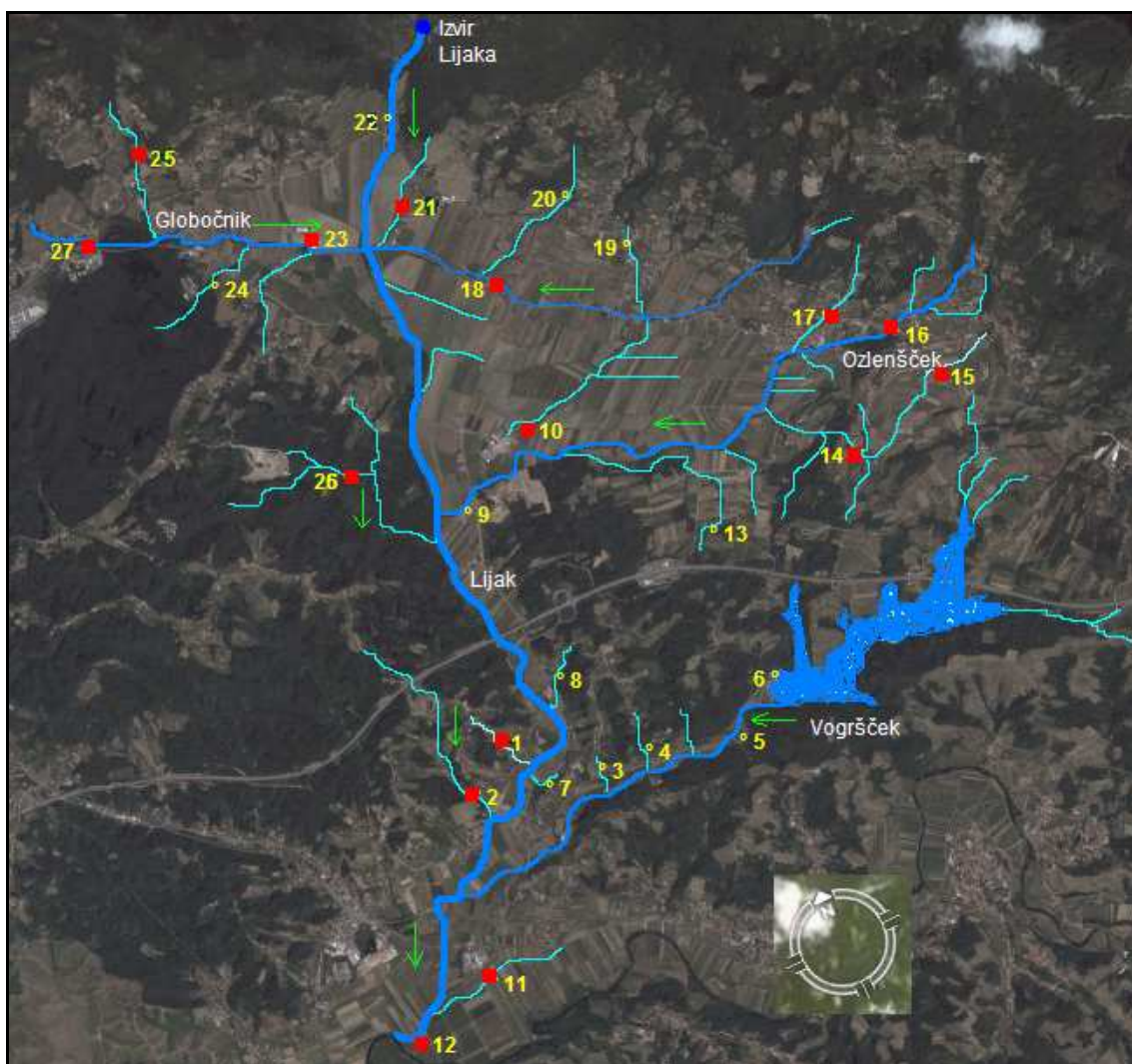
**Preglednica 4.1** *Biološko onesnaženje s koliformnimi bakterijami:* Najbolj verjetno število skupnih koliformnov (MPN) v pritokih vodotokov Lijak in Branica po tabeli J. C. de Man, za MPN/100 ml v jesenskem vzorčenju in fekalni koliformni po metodi štetja na filtru, za pomladansko vzorčenje.

VZOREC povodje Lijak	Skupni koliformni jesensko vzorčenje MPN / 100 ml	Fekalni koliformni pomladno vzorčenje № / 100 ml	VZOREC povodje Branica	Skupni koliformni jesensko vzorčenje MPN / 100ml	Fekalni koliformni pomladno vzorčenje № / 100 ml
L-1	>1.100	680	B-1	1.100	TNTC*
L-2	>1.100	TNTC*	B-2	1.100	150
L-3	240	266	B-3	24.000	TNTC*
L-4	462	20	B-4	110.000	TNTC*
L-5	43	8	B-5	2.400	220
L-6	149	18	B-6	1.100	420
L-7	462	96	B-7	>110.000	TNTC*
L-8	462	460	B-8	4.620	TNTC*
L-9	1.100	660	B-9	240	210
L-10	>1.100	TNTC*	B-10	1.100	370
L-11	1.100	TNTC*	B-11	93	160
L-12	>1.100	TNTC*	B-12	462	TNTC*
L-13	215	520	B-13	240	290
L-14	>1.100	TNTC*	B-14	93	300
L-15	1.100	2900	B-15	93	TNTC*
L-16	1.100	1100	B-16	46.200	TNTC*
L-17	1.100	TNTC*	B-17	1.100	TNTC*
L-18	1.100	TNTC*			
L-19	462	450			
L-20	1.100	540			
L-21	1.100	TNTC*			
L-22	1.100	40			
L-23	1.100	TNTC*			
L-24	>1.100	280			
L-25	1.100	TNTC*			
L-26	>1.100	TNTC*			
L-27	>1.100	TNTC*			

\* TNTC (ang. Too numerous to count), preveliko število kolonij za natančno štetje

Seznam voda ob naseljih, kjer je mikrobiološka analiza pokazala mesta največjih obremenitev zaradi skupnih in fekalnih koliformnov na območju povodja vodotoka Lijaka (**Slika 4.1**):

- L-1 vode iz novega dela naselja vasi Vogrsko, z nekaj kmetijami v bližini,
- L-2 vode iz vzhodnega dela naselja Stara gora,
- L-10 kanal pod naseljem Okroglica,
- L-11 kanal, ki zajema vode naselja Dombrova in tovarne Okroglica,
- L-12 vodotok Lijak, pred izlivom v reko Vipavo,
- L-14 do L18 so vzorci pod naseljema Šempas in Ozeljan,
- L-21 manjši kanal pod naseljem Livešče,
- L-25 vode potoka pod novim naseljem pri Kromberškem gradu,
- L-23 potok Globočnik pod vasjo Loke,
- L-27 potok Globočnik pod MIP-om, z zaledjem vzhodnega dela Kromberka,
- L-26 potok pod deponijo odpadkov v Stari gori.



**Slika 4.1** Vzorčna mesta na povodju Lijaka, ki so najbolj obremenjena s fekalnimi koliformnimi bakterijami, so označena z rdečo barvo

Na območju povodja reke Branice so ugotovljene točke z največjim mikrobiološkim onesnaženjem prav pod naselji, ali v neposredni bližini le teh. Seznam najbolj mikrobiološko obremenjenih voda v porečju Branice (**Slika 4.2**):

- B-1 Branica v predelu Steske, pred izlivom v reko Vipavo
- B-3 naselje Škrbiči, ob reki Branici, v njenem srednjem toku
- B-4 Široki potok prinaša odpadne vode vasi sv. Martin nad Branikom
- B-7 potoček pod naseljem Zavino v Vipavskih brdih
- B-8 potoček pod naseljem Potok v Vipavskih brdih
- B-12 potok Gabršček prinaša odpadne vode iz naselja Gabrje
- B-15 vas Čipnje ob srednjem toku reke Branice
- B-16 Lisjaki, del vasi Spodnja Branica
- B-17 reka Branica nekaj sto metrov pod piščančjo farmo Šutjevi



**Slika 4.2** Vzorcna mesta na povodju Branice, ki so najbolj obremenjena s fekalnimi koliformnimi bakterijami, so označena z rdečo barvo

## 4.2 REZULTATI KEMIJSKE ANALIZE VODA

### 4.2.1 Klorid v vodah

Kloridi so v okolju je prisotni kot natrijeva, kalijeve ali kalcijeve sol. Odvisno od zajetja vode, so kloridi v vodi lahko naravnega izvora, lahko so iz komunalnih ali industrijskih odpadnih vod, kot posledica površinskega spiranja zaradi soljenja cest ali pa uporabe gnojil. Kloridi so zelo mobilni, ter se z vodo prenašajo v okolju. V odpadni vodi so lahko tudi ostanki klorida, nastalega kot posledica dezinfekcije pitne vode.

Kloridi so eni glavnih anionov v telesu, potrebni za vzdrževanja osmotskega tlaka in elektrolitskega ravnotežja. Glavni vir vnosa za ljudi je preko kuhinjske soli v hrani in znaša v količini do nekaj gramov na dan. Človek povprečno izloči 5 do 6 g kloridov na dan (Tchobanoglous in sod, 2003: 59). Voda na analiziranem območju je trda, in dodajanje mehčal prav tako poveča količino kloridov v izpustu. Povišana vrednost kloridov v tekoči površinski vodi je tako v veliki meri odvisna od bližine naselij in cest. Koncentracije, ki presegajo 250 mg/l lahko dajejo vodi okus, so pa take koncentracije daleč pod tistimi, ki bi lahko imele zdravstvene učinke. Visoke koncentracije kloridov v vodi povečujejo korozijo kovin, kot so mostovi in propusti, kar lahko pripelje do povečanih koncentracij kovin v vodi (ARSO, 2006).

Mejna vrednost za pitno vodo je 250 mg/l (Ur. List RS, št. 19/04), sicer pa spada med indikatorske parametre, ker mejna vrednost ne temelji na podatkih o nevarnostih za zdravje ljudi. V analiziranih vodah so bile vse koncentracije daleč pod tisto, ki se še dovoljuje za pitne vode, sicer pa v Uredbi o kemijskem stanju površinskih voda (Ur. list RS, št. 11/02), klorid nima regulirane mejne vrednosti. Malenkostno višje koncentracije lahko opazimo med jesenskim vzorčenjem (**Priloga J**). Vzorčna mesta, kjer je bilo zaznati povišane koncentracije klorida:

Povodje vodotoka Lijak: Vzorčni mesti 26 in 27. Prvo je v potoku, ki sprejema vode površinskega toka z odlagališča odpadkov Stara gora, drugo pa je pod MIP-om v potoku Globočnik, kamor se delno tudi stekajo vode iz te mesno predelovalne tovarne. Poleg te, se v Globočnik stekajo komunalne vode vzhodnega dela naselja Kromberk.

Povodje reke Branice: Vzorčna mesta B-2, B-3, B-7 in B-9. Prva tri so tik pod naselji in sicer Mesarji, Škrbiči ter vasjo Zavino. Vzorčna točka 9 je v potoku Culovec in jo je nekoliko težje povezati z izpusti iz naselja, saj je naselje Jakulini skoraj kilometer nad vzorčnim mestom. Širše ob potoku so odprti prostori s travniki in nekaj njivami, zato se zdi mogoča tudi razlaga, da je klorid posledica izpiranja solnic, katere lovci uporabljajo za privabljanje divjadi.

#### 4.2.2 Nitrat v vodah

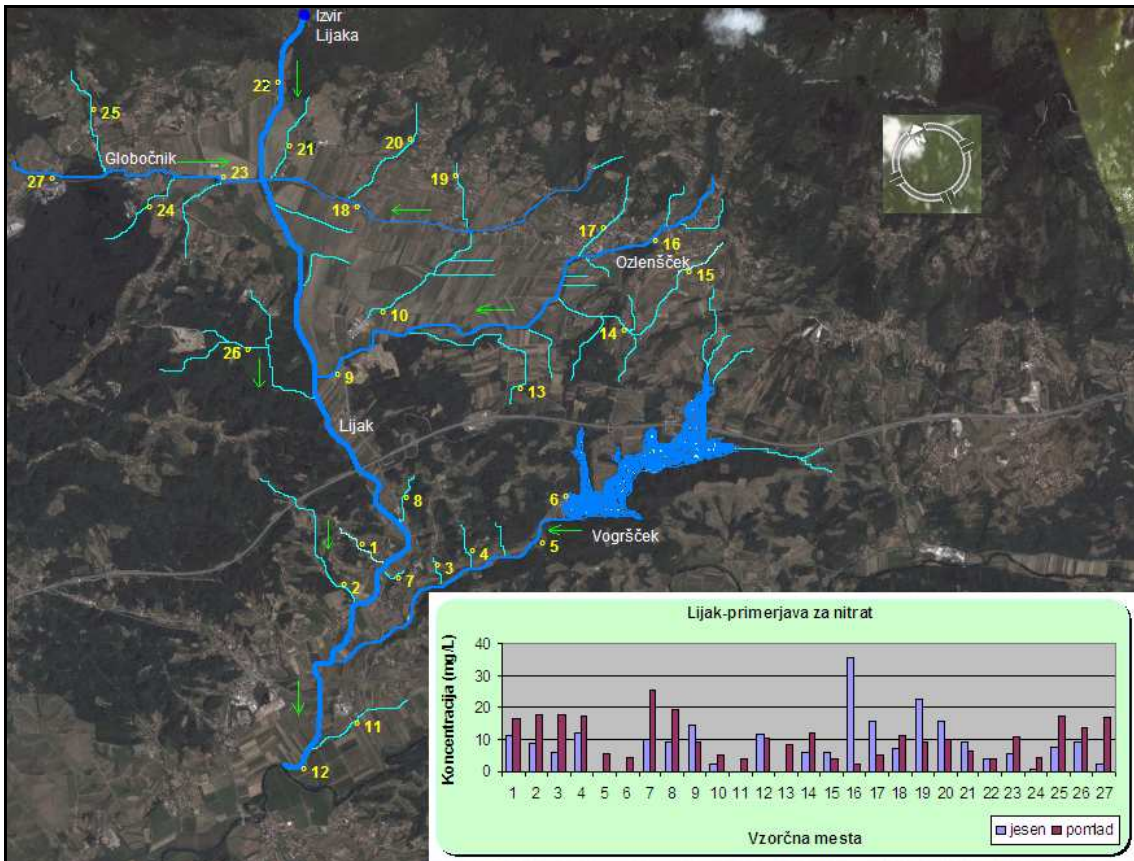
Dušik v naravi kroži v ciklusu, katerega del je tudi nitrat, kot končni oksidirani produkt. V naravi se nitrati pojavljajo predvsem kot posledica človekove dejavnosti:

- uporaba mineralnih umetnih gnojil, naravnega gnoja in polivanje gnojevke po kmetijskih zemljiščih,
- odpadne komunalne vode iz naselij,
- uporabljajo se v živilski industriji in pridejo lahko kot odpadek v okolje.

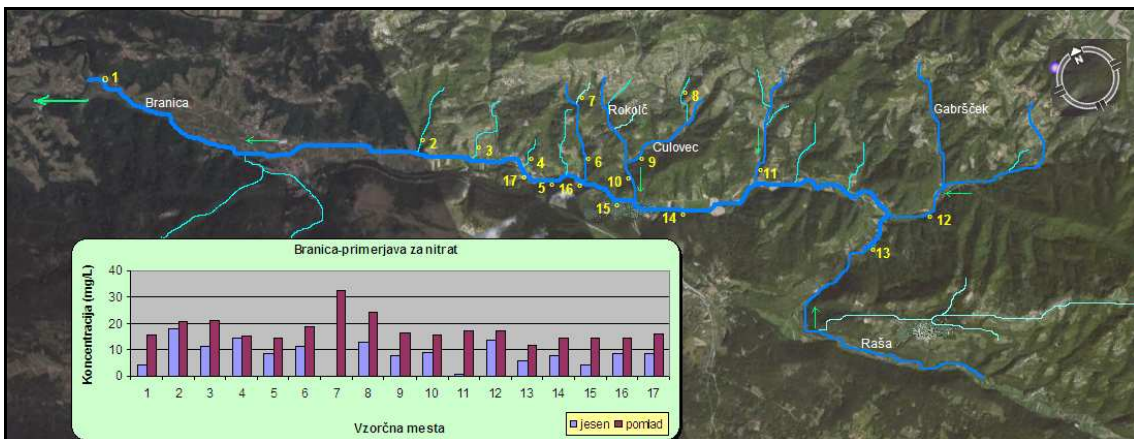
Ljudje smo nitratom izpostavljeni preko hrane in vode. Nahajajo se v nekaterih vrstah sadja in zelenjave, živilom so dodani kot konzervansi, so tudi sestavni del nekaterih zdravil. Delež vnosa nitratov preko vode v telo narašča, kot posledica naraščanja koncentracije nitratov v podtalnici. Zaradi spiranja s kmetijskih površin in neurejenega čiščenja komunalne odpadne vode je podtalnica, kot glavni vir pitne vode v Sloveniji, zelo ranljiva (ARSO, 2006).

Čezmerne količine nitrata v površinskih vodah lahko ob prisotnosti še ostalih hraniv povzročajo razrast alg in pojav eutrofikacije. Po Uredbi o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih vod iz komunalnih čistilnih naprav (Ur. list RS, št. 45/07) je v prilogi določena mejna vrednost 9 mg/L za nitrat, kot pokazatelj eutrofičnosti površinskih voda. Če je ta vrednost presežena, se vode opredeli med eutrofne. Za obe analizni območji velja, da je večina vzorcev prekoračila mejno vrednost eutrofičnosti za nitrat, kar ob zadostnih količinah fosforja in mikroelementov pomeni razraščanje alg v teh vodah.

Potrebni in hkrati zanimivo je pogledati še v drugo uredbo, ki določa mejne vrednosti za nitrat v tekočih vodah. V Uredbi o kemijskem stanju površinskih voda (Ur. list RS, št. 11/02) je po standardih kakovosti nitrat omejen le na 25 mg/L, za ostala hraniva, pa omejitve niti ni. Tudi glede na tako visoko mejno vrednost, jo nekaj odvzetih vzorcev v obeh povodjih presega (**Slika 4.3 in 4.4**). Do pravega absurda pri pregledu zakonodaje, ki se nanaša na oskrbo z vodo, pridemo po pregledu mejnih vrednosti za parametre v pitni vodi. V Pravilniku o pitni vodi (Ur. List RS, št. 19/04), je za te vode mejna vrednost nitrata šele pri 50 mg/L, katere pa noben vzorec ne presega!



**Slika 4.3** Vsebnosti nitrata v površinskih vodah na območju povodja Lijaka



**Slika 4.4** Vsebnosti nitrata v površinskih vodah na območju povodja Branice

Vrednosti za nitrat malo nihajo med jesenskim in pomladnim vzorčenjem. Vse vrednosti, ki presegajo mejno vrednost iz Uredbe (Ur. list RS, št. 11/02), so bile izmerjene v potokih, ki so neposredno pod naseljem in jih torej lahko pripišemo komunalnemu onesnaženju iz gospodinjstev. Najnižje vrednosti so bile izmerjene na obronkih gozdov, med polji in tudi v zadrževalniku Vogršček (**Slika 4.3**). ZZV Nova Gorica je v okviru Phare programa izvedel sezonska vzorčenja in analize vode v zadrževalniku Vogršček, ter reke Branice, vodotoka Lijak in potoka Globočnik ob izlivu. Rezultati teh analiz (Mezgec in sod., 2006), so za jesensko in pomladno vzorčenje primerljivi z našimi rezultati za omenjena vzorčna mesta, iz česar lahko sklepamo, da so tudi ostali naši rezultati verodostojni.

### 4.2.3 Sulfat v vodah

Sulfati so naravno sicer prisotni v mnogih kameninah, vendar take kameninske podlage na analiznih področjih ni. Pogosto se uporabljajo v kemijski industriji, pri izdelavi zdravil, kozmetičnih pripravkov in podobno. V okolje pridejo tudi preko emisij žvepovega dioksida v zrak, ter nato kot kisel dež na površje, ki v vodi disocira. Nastajajo pri biološki oksidaciji odpadne vode, kjer aerobni avtotrofi, kot npr. *Tiobacillus* in *Clorobium* (**Priloga E**), za rast uporabijo ostanke proteinov, predvsem karotinov, ki vsebujejo več žvepla (Tchobanoglous in sod, 2003: 64). V kmetijstvu se uporabljajo posredno, kot anion s konjugiranim kationom. Bakrov sulfat, bolj znan kot modra galica, se v vinogradništvu že dolgo uporablja kot fungicid. Magnezijev in kalijev sulfat sta rastlinski listni gnojili, amonijev sulfat pa se v obliki granul uporablja kot mineralno gnojilo. Slednji ima prav v vinorodnih okoliših na flišni podlagi, velik delež uporabe med mineralnimi gnojili, saj je slabo topen in se amonij sprošča počasi, tako da je nitrifikacija večinoma popolna in je ves nitrat dosegljiv za vinsko trto. Ostanki sulfata so v vodnem okolju zelo stabilni in jih zaznamo praktično v vseh vodah. Normalno ozadje za sulfat je med 10 in 15 mg/L površinske vode (Baird, 1999). Na prst se ne adsorbirajo in z vodo pronicajo tudi v podtalnico.

Sulfat v pitni vodi je lahko vzrok spremenjenega okusa vode pri koncentracijah nad 250 mg/l, kar je po Pravilniku o pitni vodi (Ur.l. RS št.:19/04, 35/04, 26/06 in 92/06) mejna vrednost za pitno vodo. Tudi za sulfate je vidna majhna anomalija v zakonodaji, saj je za površinske vode po Uredbi o kemijskem stanju površinskih voda (Ur. list RS, št. 11/02) mejna vrednost 150 mg/L. Ta mejna koncentracija v nobenem od naših vzorcev ni bila presežena, lahko pa omenimo, da je polovica vzorcev presegala teoretično določeno ozadje določeno za sulfate v okolju, ki je med 10 in 15 mg/L (Baird, 1999). Vsa vzorčna mesta, kjer so bile koncentracije nekoliko višje, se nahajajo v bližini naselij (**Priloge J, K, L**) in lahko sklepamo, da obstaja povezava s komunalnimi odpadnimi vodami iz naselij.

### 4.3 POVZETKI BIOLOŠKO - KEMIJSKE ANALIZE VODA

Večina analiziranih voda je fekalno onesnaženih, najbolj pa so na udaru prav vode v neposredni bližini naselij. Visoke, včasih numerično praktično nedoločljive vrednosti fekalnih bakterij, so izključno produkt neurejenega odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode. Zelo malo je vodnih teles na analiziranih področjih povodij Lijaka in Branice, ki bi zadovoljile zakonske omejitve za kopalne vode. Biološka analiza je dala dokončno potrditev, da je komunalno onesnaženje glavni vir onesnažil v vodah.

S kemijsko analizo smo ugotavljali koncentracije za klorid, nitrat, fosfat in sulfat v vzorčenih vodah. Za določevanje obremenitve s hranivi sta najpomembnejša parametra nitrat in fosfat. Slednjega zaradi premalo občutljive metode nismo zaznali, je bilo pa veliko voda obremenjenih z nitratom preko predpisanih meja za površinske vode. Ugotovili smo, da so izmerjene povišane koncentracije nitrata skoraj izključno v bližini naselij in so neurejeni ali le delno kanalizirani komunalni izpusti odpadne vode iz naselij glavni vzrok povečanih koncentracij ob naših meritvah. Glede na izmerjene povečane koncentracije nitrata so vse analizirane vode evtrofne in bi jih ob povečani koncentraciji ostalih hraniv in nižjem vodostaju prerasle alge. Klorid in sulfat po vrednostih nista izstopala, je pa pri pregledu rezultatov razviden trend zviševanja v bližini naselij. Posebno koncentracije sulfata so na teh mestih nekoliko povišane in sledijo gibanju nitratnega iona.

#### 4.4 EKONOMSKA ANALIZA ČIŠČENJA KOMUNALNE ODPADNE VODE

V tehnološkem delu (**Poglavje 2.5**) smo opisali možne alternative čiščenja komunalne odpadne vode za majhna naselja. Glede na pridobljene podatke in učinke čiščenja smo se odločili za primerjavo dveh različnih sistemov. V prvem delu bomo pregledali stroškovno učinkovitost investicije v intenzivno biološko čistilno napravo SBR (**Poglavje 2.5.9.3**).

V drugem delu pozornost namenimo ekstenzivnemu načinu čiščenja komunalnih odpadnih voda. Kot primer takega načina čiščenja odpadnih voda, bomo ocenili investicijo in obratovanje v rastlinsko čistilno napravo, ki je v strokovni literaturi (Massoti, Bulc, Marangon in drugi) omenjena kot primerna alternativa intenzivnim postopkom, posebno še za manjše skupnosti ali individualne objekte (**Poglavje 2.5.3.3**).

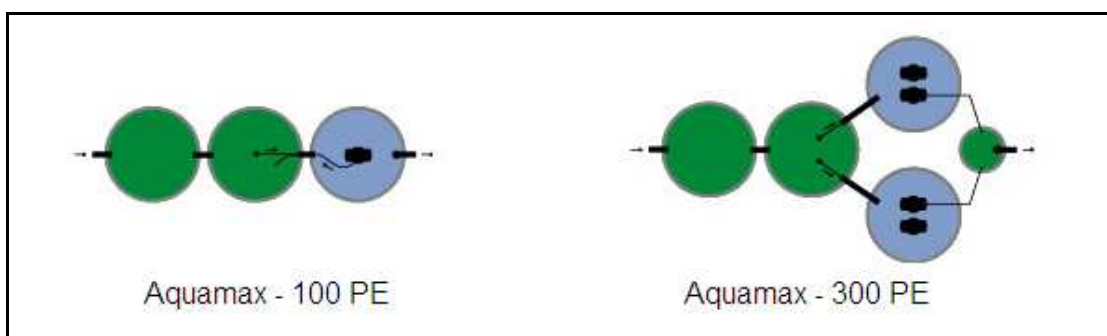
##### 4.4.1 Primer investicije v intenzivni sistem s SBR čistilno napravo

Investicija predvideva dobavo in montažo novih betonskih rezervoarjev z vgradnjo inštalacije, ki krmili SBR postopek, proizvajalca Aquamax, Nemčija (**Slika 4.5 in 4.6**). Distributer omenjene naprave za Slovenijo je AT Maribor.



**Slika 4.5** Shema SBR Aquamax čistilne naprave za manjše obremenitve, do 50 PE.

Za manjša naselja je primerna enostavna oblika SBR, prikazana na **sliki 4.5**, za večja naselja pa naprava Aquamax XL, ki se povezuje v sklope reaktorjev (**Slika 4.6**).



**Slika 4.6** Način povezovanja Aquamax ČN v sklope, glede na obremenitev

V ceni je upoštevana cena nabave, dostave in montaže ČN, ter vsa potrebna zemeljska dela za priključitev in montažo čistilne naprave. Upoštevana je tudi možnost priklopa ČN na električno omrežje in ostalo komunalno infrastrukturo v neposredni bližini, brez morebitnega urejanja napeljav.

#### 4.4.1.1 Investicijski in obratovalni stroški za SBR

V **preglednici 4.1** je prikazan ekonomski tok sredstev investicije in obratovanja SBR čistilne naprave. Življenjska doba takih objektov je ocenjena na 25 let, kar je tudi skupna ekonomska doba, preko katere je potrebno pregledati tok sredstev. Za primerjavo različnih investicij smo zato uporabili indeks skupnih stroškov celotnega projekta na posameznega prebivalca v enem letu (€ / PE / leto).

**Preglednica 4.1** Potrebna sredstva za izgradnjo in delovanje SBR čistilne naprave

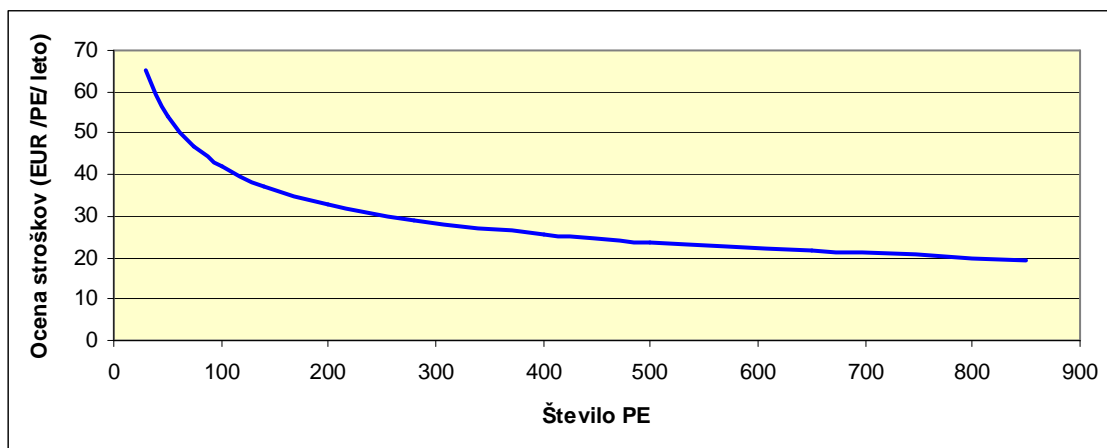
Naselja LIJAK	Prebivalci PE	1. Vrednost investicije (€)	2. Stroški vzdrževanja (€)	3. Stroški skupaj (€)	4. Stroški na prebivalca (€ / PE / leto)
Vogrsko center	347	67.470	233.940	301.410	34,7
Loke	283	66.470	205.323	271.793	37,4
Ajševica	230	58.730	179.804	238.534	41,5
Vogrsko M.Dunaj	170	45.350	148.177	193.527	45,5
Livešče	128	43.900	123.569	167.469	52,3
Vitovlje vrh	69	29.500	83.207	112.707	65,3
Visoko	56	29.500	72.800	102.300	73,1
Jazbine	53	29.500	70.280	99.780	75,3
Naselja BRANICA	Prebivalci PE	1. Vrednost investicije (€)	2. Stroški vzdrževanja (€)	3. Stroški skupaj (€)	4. Stroški na prebivalca (€ / PE / leto)
Branik	1000	141.270	460.568	601.838	24,1
Preserje	457	86.600	249.023	335.623	29,4
Šmarje	175	45.350	150.952	196.302	44,9
Gabrje	151	44.350	137.353	181.703	48,1
Sp. Branica	115	41.050	115.383	156.433	54,4
Saksid	100	38.235	105.510	143.745	57,5
Vrtovče	93	36.235	100.722	136.957	58,9
Zavino	90	36.235	98.630	134.865	59,9
Čehovini, Koboli, Večkoti	89	36.235	97.929	134.164	60,3
Kodreti	38	24.775	56.801	81.576	85,9
Steske	31	24.615	49.862	74.477	96,1
Dolanci	18	18.475	35.210	53.685	119,3
Trebižani	14	17.350	29.979	47.329	135,2

1. Vrednost investicije vsebuje postavke, ki so detajlno predstavljene v **prilogi M** :

- Cena SBR čistilne naprave – po ceniku zastopnika za Aqua-max ČN
- Betonsko korito - po ceniku zastopnika za Aqua-max ČN
- Tehnološki stroški – vključujejo oceno stroškov projektiranja, odkupa zemljišč po tekočih cenah, priprave gradbišča
- Stroški dela – vključujejo prevoz, izkop, betoniranje posteljice, zasipanje, odstranjevanje gradbiščnih objektov, povrnitev stanja

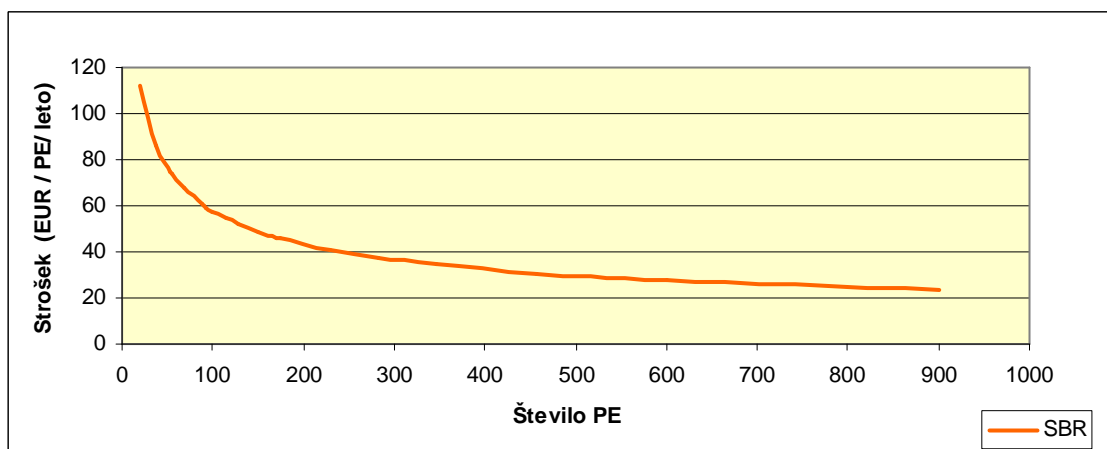


2. Stroški vzdrževanja so ocenjeni po vrednostih, ki veljajo za tekoče vzdrževanje čistilnih naprav z aktivnim blatom v pokrajini FVG, Italija. Zajemajo stroške čiščenja in odvoza blata, stroške električne energije, letnih servisnih del, kontrolna vzorčenja z analizami in ostale tekoče stroške. Za izračun dejanskih stroškov obratovanja smo uporabili teoretično krivuljo stroškov obratovanja za čistilne naprave SBR, podjetja CETA, Trst (**Slika 4.5**). Glede na stanje cene dela in storitev v Sloveniji je mogoče ocena teh stroškov nekoliko previsoka, vendar realna glede na trende rasti cen storitev v prihodnosti.



**Slika 4.5** Ocena letnih stroškov vzdrževanja SBR čistilne naprave za posamezni PE, glede na velikost čistilne naprave (€/ PE /leto) (vir: Vecchiet, CETA)

3. Stroški skupaj so seštevek investicijske vrednosti in stroškov vzdrževanja v celotni ekonomski dobi 25 let, predstavljeni kot neto cena v €.
4. Stroški na prebivalca prikazujejo oceno letnega prispevka na vsakega prebivalca, ki je potreben vsaj za ničelno pozitiven denarni tok (**Slika 4.6**). Letni prispevek na posamezni PE dobimo tako, da skupne stroške iz točke tri, delimo s številom PE posameznega naselja in s pričakovano ekonomsko dobo projekta, ki znaša 25 let.



**Slika 4.6** Ocena letnega prispevka na posameznega prebivalca, potrebnega za investicijo in nemoteno delovanja SBR čistilne naprave, glede na velikost posamezne čistilne naprave (€/ PE /leto).

#### 4.4.2 Primer investicije v ekstenzivno rastlinsko čistilno napravo (RČN)

Naravne vode imajo že same določeno samočistilno sposobnost, vendar glede na izvedene mikrobiološke in kemijske teste smo lahko videli, da je bila le ta praktično povsod presežena. Naša druga alternativna možnost izhaja iz ideje omogočanja biološke regeneracije vodotokov z izvedbo čiščenja komunalne odpadne vode po ekstenzivni metodi. Rastlinske čistilne naprave (RČN) v svetu, pa tudi pri nas, dosegajo standarde čiščenja popolnoma primerljive z ostalimi sistemi. RČN bi bila izvedena za vsako aglomeracijo posebej, s čim manj stroški v kanalizacijo. Tako bi vse delujoče greznice ohranili, potreben bi bil le manjši zbiralnik pred RČN za novo zgrajene objekte. Greznična gošča bi se čistila na centralni čistilni napravi za območje Nove Gorice z ožjo okolico, ko bo ta zgrajena.

Za analizo smo izbrali RČN s podpovršinskim vertikalnim tokom. Vzrok takega izbora RČN so dostopni podatki (CETA, 2007) in uporaba najmanjše površine glede na efekt čiščenja. Ekonomska doba RČN, ki ima predhodni usedalnik je velika, tako da lahko preseže dobo delovanja ostalih tipov ČN. Predvideli smo ekonomsko dobo 25 let za delovanja celotnega sistema in v tem času ni potrebno menjati substrata (Bulc, 1994). Pomembno je le redno odstranjevanje rastlin s košenjem, ter občasna kontrola in čiščenje povezovalnih cevi. Vzdrževalni stroški so nizki, saj strojnih delov skoraj ni. V sistemu sta le dve črpalki in krmilna elektronika, ki skrbi za pravilno doziranje komunalne odpadne vode. Prva črpalka skrbi za izmenično namakanje polja pod tlakom, s čimer dovajamo kisik v področje korenin, in tako poskrbimo za dokončanje nitrifikacije z mikroorganizmi in delež prevzema nitrata s strani rastlin. Druga črpalka odstranjuje prečiščeno vodo iz zbiralnika na dnu RČN, ter jo pošilja v površinski vodotok. V primeru majhnega dotoka odpadne vode ali prevelike evapotranspiracije s strani rastlin, se čiščena voda z dna čistilne naprave vrača ponovno v sistem.

##### 4.4.2.1 Investicijski in vzdrževalni stroški za RČN

V strošku investicije je vključena izdelava rastlinske naprave po tehnoloških standardih skupine IGP s.r.l. in tehnične podpore družbe za okoljske tehnologije CETA, Trst. V ceni je upoštevana cena izbora, nabave in dostave sadik in optimalnega substrata. Zajeta so vsa zemeljska dela za priključitev in izdelavo čistilne naprave. Navedena je tudi potrebna površina, ki jo mora zajemati RČN s podpovršinskim vertikalnim tokom za optimalno delovanje (Marangon in sod, 2002). Večina RČN, bi bila postavljena na flišnem terenu, kjer ni potrebno dodatno izoliranje posteljice, preostale, ki so na kraškem terenu ob izlivu Raše v Branico, pa imajo dovolj debelo plast eolskih nanosov rosice, ki je bogata s glinenimi alumosilikati in tudi tu je pronicanje minimalno.

V **preglednici 4.2** so prikazane ocene vrednosti investicije v RČN. Stroškom izgradnje rastlinske čistilne naprave je potrebno prišteti še tekoče vzdrževalne stroške. Stroški vzdrževanja RČN v skupni ekonomski dobi rahlo presegajo vrednost začetne investicije (Kompore sod., 2006).

Vzdrževalni stroški RČN so le v porabi električne energije in redni košnji prirasta rastlin. Za vse komunalne priključke je, podobno kot za SBR čistilne naprave, v izračunu predvideno, da so že na mestu lokacije RČN. Za vrednotenje vzdrževalnih stroškov smo uporabili informacijsko krivuljo, ki sicer velja za stroške vzdrževanja rastlinskih čistilnih naprav izdelanih pri IGP s.r.l., pokrajina FVG, Italija. Uporabljena je bila predpostavka za 25 letno obratovanje, oz. enako kot za SBR čistilne naprave (**Preglednica 4.2**).

**Preglednica 4.2** Skupaj stroški delovanja rastlinske čistilne naprave

Naselja Lijak	Prebivalci PE	Vrednost investicije( € )	Tekoči stroški( € )	Stroški skupaj ( € )	Stroški na prebivalca ( € / PE / leto )
Vogrsko center	347	107.098	191.510	298.608	34,4
Loke	283	94.523	164.691	259.214	36,6
Ajševica	230	83.247	141.262	224.509	39,0
Vogrsko M.Dunaj	170	69.175	112.948	182.123	42,9
Livešče	128	58.137	91.555	149.692	46,8
Vitovlje vrh	69	39.816	57.956	89.476	51,9
Visoko	56	35.036	49.660	82.713	59,1
Jazbine	53	33.874	47.677	81.551	61,5
Naselja Branica	Prebivalci PE	Vrednost investicije( € )	Tekoči stroški( € )	Stroški skupaj ( € )	Stroški na prebivalca ( € / PE /leto )
Branik	1000	204.821	419.129	623.950	24,9
Preserje	457	126.777	234.793	361.570	31,6
Šmarje	175	70.414	115.397	185.811	42,5
Gabrje	151	64.330	103.464	167.794	44,4
Sp. Branica	115	54.445	84.579	139.024	48,4
Saksid	100	49.978	76.268	126.246	50,5
Vrtovče	93	47.804	72.281	120.085	51,6
Zavino	90	46.854	70.548	117.402	52,2
Čehovini, Koboli, Večkoti	89	46.534	69.967	116.501	52,4
Kodreti	38	27.628	37.272	64.900	68,3
Steske	31	24.388	32.059	56.447	72,8
Dolanci	18	17.481	21.441	38.922	86,5
Trebižani	14	14.986	17.803	32.789	93,7

**4.4.3 Investicija v lokalno kanalizacijsko omrežje**

Za pravilno delovanje sistema čistilnih naprav je potrebno izvesti ločeno odvajanje odpadnih komunalnih voda in meteornih voda. Vsa naselja postavljena za analizo imajo relativno majhno gostoto prebivalcev na hektar, kar lahko občutno poveča stroške v zvezi z izvedbo kanalizacije. Uporabimo le približen izračun priključkov, glede na število gospodinjstev v naselju in združevanje v le eden primarni vod, ki bi pod glavno cesto v naselju povezoval vse priključke s ČN. Za vse priključke se upošteva povprečna dolžina 10 m, dolžino primarnega voda pa se določi z merjenjem dolžine glavne ceste skozi naselje s števcem kilometrov v avtomobilu.

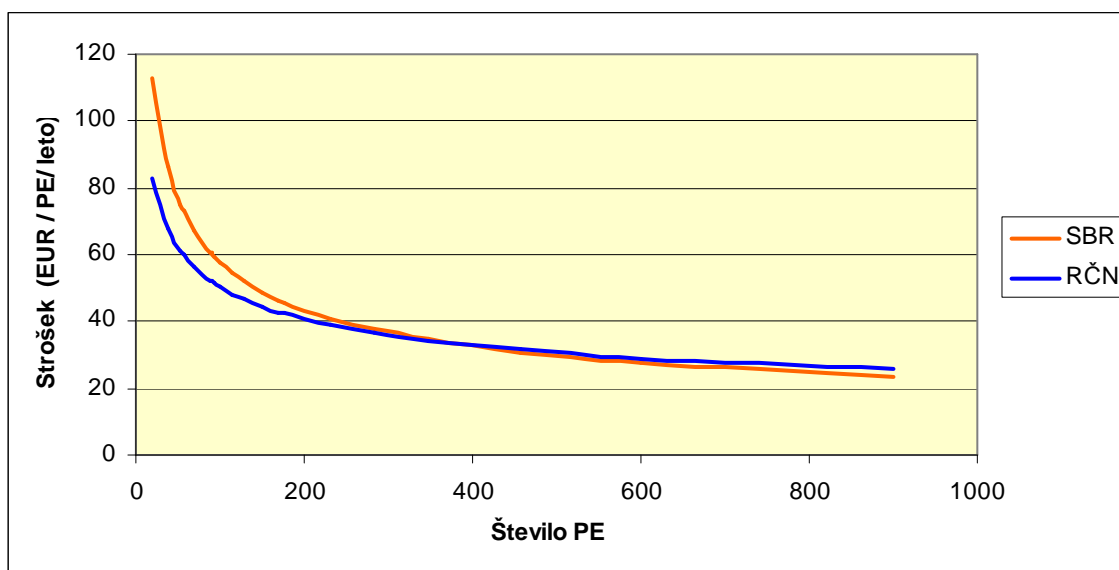
Za ceno izvedbe priključkov se uporabi revalorizirano okvirno ceno iz OP, ki znaša 216 € /m in ustrezno ceno za izvedbo glavnega voda pod glavno cesto skozi naselje, ki smo ji določili okvirno ceno 280 € /m. Tak način vrednotenja lahko skrivi dejansko stanje, saj je izračun vseh postavk prezapleten za diplomsko delo, ki ne izhaja iz gradbenega ali ekonomskega področja, tako da je izračun uporabljen le kot okvirni kazalec. Prikaz stroškov investicije v kanalizacijsko omrežje je prikazan v **Prilogi O**.

Za vrednotenje amortizacije investicijskih stroškov pri kanalizacijskih vodih je uporabljena ekonomska doba 40 let. Ocena vzdrževalnih stroškov za kanalizacijsko omrežje ni bila izvedena, v skupnem pregledu v **preglednici 4.3** pa je upoštevano 30% povečanje investicijske vrednosti, ki velja kot ocena tekočih vzdrževalnih del za ekonomski čas investicije v ČN. Preostanek do polne ekonomske dobe kanalizacijskega omrežja, se kot strošek po 25 letih vključi k novo zgrajenim napravam.

Teoretično lahko vrednost investicije v kanalizacijsko omrežje določimo iz izkustvenega razmerja, kjer je cena izgradnje 1 km kanalizacije približno enaka investiciji v biološko čistilno napravo za 1000 PE (vir: Roš M., 2007).

#### 4.4.4 Pregled skupne investicije

Primerjava dveh različnih oblik čiščenja komunalne odpadne vode pokaže, da je intenzivni postopek s SBR čistilno napravo cenejši od RČN, vendar je primerjava samo preko cene investicije premalo. Če primerjamo še ceno rednega vzdrževanja in tekočih stroškov se obe rešitvi zelo približata. Iz **Slike 4.6** je razvidno, da je z upoštevanjem vseh stroškov v ekonomski dobi ekstenzivna metoda čiščenja komunalne odpadne vode v RČN cenejša za naselja manjša od 370 PE, za večja pa ekonomska analiza da prednost intenzivni metodi SBR. Končna odločitev, glede izbora optimalne metode čiščenja komunalne odpadne vode stoji torej na lokalni skupnosti. Za izbor optimalne možnosti v naši analizi, bomo ob predpostavki, da je učinek čiščenja za obe metodi primerljiv, upoštevali izključno ekonomični pristop in izbrali najcenejše variante. (**Preglednica 4.3 in 4.4**)



**Slika 4.6** Primerjava ekonomičnosti izbire ČN, glede na vse stroške v dobi delovanja

Največji strošek izgradnje in uporabe naprav za čiščenje KOV predstavlja izgradnja kvalitetnega kanalizacijskega omrežja. V **Preglednici 4.5** je prikazana tudi kolona, ki vsebuje investicijske in tekoče stroške porazdeljene na življenjsko dobo omrežja, za katero se določi doba 40 let. Iz preglednic v **Prilogi O** lahko vidimo, da so stroški investicije za manjša naselja ogromni. Tam bi bilo smotno razmišljati o individualnih ali skupinskih malih čistilnih napravah, ki bi zbirale komunalno odpadno vodo iz nekaj sosednjih hiš.

Za zelo majhna naselja, pod 50 PE, nobeden od postopkov ni ekonomsko ugoden. Večinoma imajo individualne hiše v teh naseljih že zgrajene pretočne greznice. Za dovolj dobro biološko čiščenje bi poskrbel že strokovno urejen ponikovalni vod. Druga alternativa, bi bila vgradnja prezračevanja direktno v greznico, ki bi potem lahko delovala kot SBR. Tudi za take rešitve bi bilo potrebno zagotoviti del sredstev iz okoljske dajatve in posledično znižati prispevke za okoljsko dajatev iz individualnih hiš in zelo majhnih naselij, zaradi primerno čiščene komunalne odpadne vode.

**Preglednica 4.3** Primerjava vseh investicij v odvajanje in čiščenje komunalne odpadne vode za naselja na povodju Lijaka

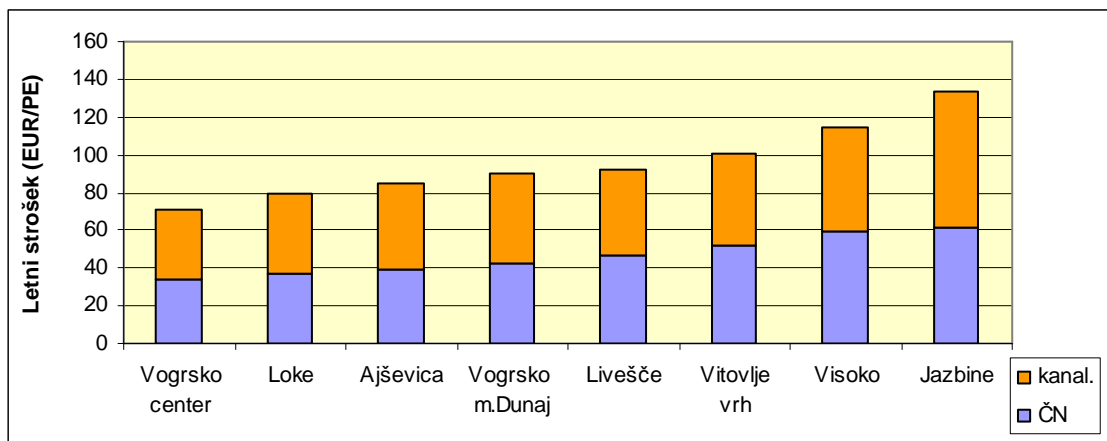
Naselje	Prebivalci PE	Letni strošek delovanja SBR (€ / PE / leto)	Letni strošek delovanja RČN (€ / PE / leto)	Letni strošek kanalizacije (k) (€ / PE / leto)	Najugodnejša varianta čiščenja KOV (€ / PE / leto)
Vogrsko center	347	34,7	34,4	36,8	RČN+k 71,2
Loke	283	37,4	36,6	42,7	RČN+k 79,3
Ajševica	230	41,5	39,0	45,5	RČN+k 84,5
Vogrsko mali Dunaj	170	45,5	42,9	47,6	RČN+k 90,5
Livešče	128	52,3	46,8	45,6	RČN+k 92,4
Vitovlje vrh	69	65,3	51,9	48,4	RČN+k 100,3
Visoko	56	73,1	59,1	54,9	RČN+k 114,0
Jazbine	53	75,3	61,5	72,2	RČN+k 133,7

**Preglednica 4.4** Primerjava vseh investicij v odvajanje in čiščenje komunalne odpadne vode za naselja na povodju Branice

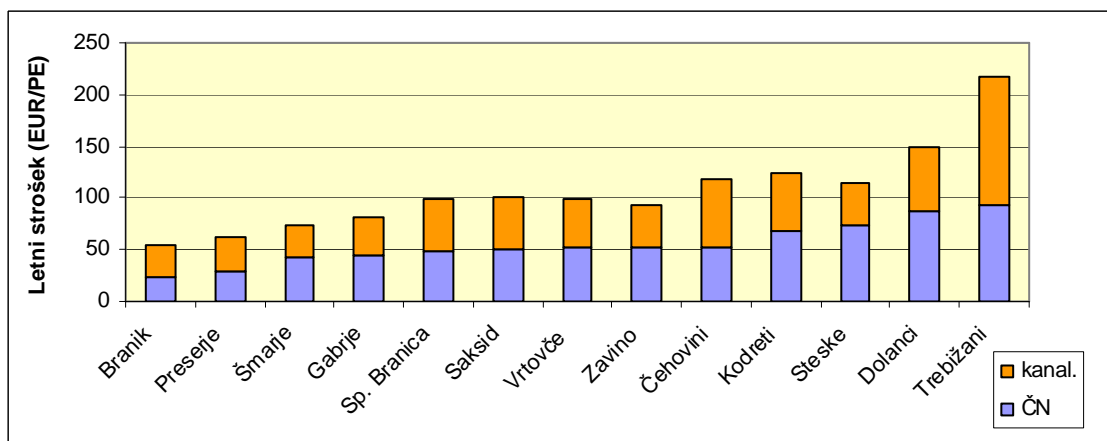
Naselje	Prebivalci PE	Letni strošek delovanja SBR (€ / PE / leto)	Letni strošek delovanja RČN (€ / PE / leto)	Letni strošek kanalizacije (€ / PE / leto)	Najugodnejša varianta čiščenja KOV (€ / PE / leto)
Branik	1000	24,1	24,9	29,3	SBR+k 53,4
Preserje	457	29,4	31,6	32,3	SBR+k 61,7
Šmarje	175	44,9	42,5	31,9	RČN+k 74,4
Gabrje	151	48,1	44,4	36,4	RČN+k 80,8
Sp. Branica	115	53,4	48,4	51,1	RČN+k 99,5
Saksid	100	58,6	50,5	51,2	RČN+k 101,7
Vrtovče	93	58,9	51,6	47,5	RČN+k 99,1
Zavino	90	59,9	52,2	40,7	RČN+k 92,9
Čehovini, Koboli, Večkoti	89	60,3	52,4	65,4	RČN+k 117,8
Kodreti	38	85,9	68,3	56,7	RČN+k 125,0
Steske	31	96,1	72,8	41,7	RČN+k 114,5
Dolanci	18	119,3	86,5	62,9	RČN+k 149,4
Trebižani	14	135,2	93,7	123,1	RČN+k 216,8

**Preglednica 4.5** Primerjava stroškov za vse naprave, v trajanju ekonomske dobe: Predstavljeni so skupni stroški investicije in obratovanja za dobo 25 let. Izbrali smo tudi optimalno investicijo glede na najugodnejše ekonomske kazalce. V zadnji koloni je prikazana ocena stroškov najugodnejše izbire ČN, vključno z kanalizacijo.

OBMOČJE	SKUPAJ PE	SKUPAJ SBR (€)	SKUPAJ RČN (€)	OPTIMALNA IZBIRA ČN (€)	KANALIZACIJA S STROŠKI (€)	SKUPAJ ZA 25 LET (€)
Lijak	1.336	1.487.520	1.367.886	1.367.886	3.092.024	4.457.910
Branica	2.371	2.278.697	2.151.441	2.103.382	4.490.642	6.594.024



**Slika 4.7** Skupni stroški odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode za naselja na območju Lijak za prebivalca v enem letu, izraženi kot : € / PE / leto



**Slika 4.8** Skupni stroški odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode za naselja na območju Branice za prebivalca v enem letu, izraženi kot : € / PE / leto

#### 4.4.5 Pridobivanje sredstev za investicijo v čiščenje komunalne odpadne vode

Namenska sredstva iz ESRR omogočajo financiranje izgradnje manjših javnih in individualnih komunalnih čistilnih naprav, z zmogljivostjo do 2.000 PE na območjih z nižjo gostoto prebivalstva, vključno s pripadajočo kanalizacijo. Sredstva sklada so primerna oblika zbiranja sredstev, vendar se tu srečujemo z omejitvami:

1. Vrednost investicijske operacije mora znašati najmanj 600.000 €, z vključenim DDV, vrednost neinvesticijskega dela pa 150.000 €, z vključenim DDV.
2. S sredstvi sklada se lahko sofinancira največ 85 % celotnih upravičenih stroškov investicije. Najmanj 15 % celotnih upravičenih stroškov mora zagotoviti lokalna skupnost iz lastnih javnih virov.

Po pregledu stroškovnega načrta za izgradnjo komunalnega omrežja in primerne oblike čiščenja komunalnih odpadnih voda vidimo, da manjša naselja sploh ne morejo zaprositi za dodelitev sredstev iz Evropskega sklada za regionalni razvoj. Le nekaj je naselij, ki lahko kandidira za 85% pokritje investicije iz sklada. Za ostala manjša naselja breme ureditve odvajanja in čiščenja odpadnih voda sloni na denarju lokalne skupnosti, sredstvih iz okoljske dajatve in lastnem financiranju naselja iz samoprispevka.

Nekaj naselij zadostuje pogojem za pridobitev sredstev iz Evropskega sklada za regionalni razvoj. Lahko bi sestavili finančno konstrukcijo le za ta naselja, toda potem bi sredstva za vsa preostala naselja morala zagotoviti lokalna skupnost. Iz tega sklada se sredstva dodeli zaključenim projektom na področju varovanja okolja in vrednost te investicije mora presegati 600.000 €.

Predlagamo, da se vse omenjene naprave za posamezna naselja združi v en sam projekt za povodje. Tako bi dobili zaključen projekt, ki bi presegal občinske meje. Iz sredstev Sklada za regionalni razvoj bi se pridobilo do 85 % nepovratnih sredstev, del bi bil prispevek okoljske dajatve, ostalo pa bi proporcionalno prispevale lokalne skupnosti. Izračunali smo vrednosti investicij za obe povodji, ki veljajo za najugodnejšo varianto (**Preglednica 4.6**). Če upoštevamo 85 % pokritja investicije iz ESRR brez DDV, lahko iz tega naslova pridobimo dva milijona € za povodje Lijaka, na območju povodja Branice, pa bi pridobljena sredstva iz ESRR lahko dosegla skoraj tri milijone €.

Razporejena sredstva iz ESRR za Goriško statistično območje v obdobju med 2007 in 2013 znašajo 40.282.629 € (vir: Posoški RRC, 2007). Za pokritje obeh naših predlogov bi bilo potrebnih le 17 % vseh razpoložljivih sredstev iz sklada ESRR, namenjenih Goriški regiji.

**Preglednica 4.6** Pregled investicijskih sredstev, glede na najugodnejšo varianto

OBMOČJE	SKUPAJ PE	SKUPAJ NAJUGODNEJŠA VARIANTA ČN (€)	KANALIZACIJA SKUPAJ (€)	SKUPAJ INVESTICIJA (€)	4% AMORTIZACIJA (€)
Lijak	1.336	520.906	2.378.480	2.899.386	115.975
Branica	2.371	692.712	3.454.340	4.147.052	165.882

Z združevanjem projektov v samo enega, sestavljenega kot projekt celotnega povodja, obstaja tudi možnost pridobivanja sredstev preko Kohezijskega sklada, saj je okvirna meja za razvrščanje malih in velikih aglomeracij pri 2000 PE. Hkrati obstaja tudi omejitev glede višine vrednosti projekta, saj mora ta presegati mejo 10 milijonov €. Glede na omejitve pridobivanje sredstev iz tega naslova, naš primer povodij Lijaka in Branice, ne izpolnjuje razpisnih pogojev.

Možnost izdelave podobnih projektov za zaključena večja povodja vsekakor obstaja. Delež sredstev pri prijavih na razpis iz Kohezijskega sklada sicer ne dosega 85 % vrednosti projekta, kot ESRR, pač pa se delež sredstev giblje med 65 in 75 %, glede na donosnost projekta. Preostanek potrebnih sredstev je potrebno zagotoviti iz okoljske dajatve, lastnih sredstev občin in prispevka MOP (vir: Posoški RRC).

Podobno idejno zasnovo za črpanje sredstev iz Kohezijskega sklada so že sestavili pri družbi Projekt d.d. nova Gorica, za naselja Vipava, Ozeljan, Renče in Miren, kot dela Vipavske doline, vendar skupne aktivnosti niso zadoščale za fizično izvedbo projekta, ki tako obstaja le kot ideja na papirju (vir: Projekt d.d.).

#### 4.4.5.1 Prihodki iz kanalščine in okoljske dajatve

Predstavili bomo seznam možnih prihodkov po trenutnih cenah, ki veljajo za odvajanje in čiščenje komunalne odpadne vode na območju upravljanja javne službe Vodovodi in kanalizacija, Nova Gorica (Fornazarič, 2005).

Komunalni prispevki so sestavni del računa vodarine, izračunajo pa se na podlagi izmerjene povprečne porabe vode v gospodinjstvih Sloveniji. Za gospodarstvo predvidevamo nižji delež od slovenskega povprečja, glede na malo gospodarskih objektov na obeh povodjih. Prispevek gospodarstva in obrti za čiščenje tehnoloških odpadnih vod v komunalni čistilni napravi v analizi prihodkov ni upoštevan.

Ob povprečni porabi 146 litrov vode na osebo v enem dnevu, kar pomeni 53.3 m<sup>3</sup> pitne vode iz sistema na prebivalca v enem letu (SURs, 2006) znaša cena kanalščine 0,11 € za vsak m<sup>3</sup> porabljene vode iz vodovoda. Povprečni prispevek posameznega porabnika tako znaša 4,73 EUR v enem letu.

Po priključku na čistilno napravo se posameznemu gospodinjstvu zaračunava še komunalna priključnina, ki znaša letno 2,10 EUR na priključek.

Znižana okoljska dajatev, le za odvajanje v kanalizacijo, bi znašala 77 % celotne cene za enoto obremenitve. Ker bi se voda naknadno čistila v komunalni čistilni napravi, je ta dajatev le 15 % celotne okoljske dajatve, oziroma 3,07 € /PE/ leto. Stroški čiščenja enega m<sup>3</sup> komunalne odpadne vode v mali čistilni napravi, so glede na podatke iz operativnega programa odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih vod iz leta 2004, dosegali okvirno vrednost 0,33 €, brez upoštevanja stroškov odstranjevanja odpadnega blata (**Preglednica 4.7 in 4.8**).

**Preglednica 4.7** Prihodki iz odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode po tekočih cenah za območje povodja Lijaka, brez upoštevanja aglomeracije Šempas

Opis postavk za letne prispevke - Lijak	Enota	Vrednost
Število prebivalcev na povodju Lijaka	PE	1336
Povprečna poraba vode / prebivalca / leto	m <sup>3</sup> /PE/ leto	53.3
Skupna količina vode gospodinjstva	m <sup>3</sup>	71.209
Cena kanalščine / m <sup>3</sup> za gospodinjstva	€/ m <sup>3</sup>	0,11
<b>Letni prihodki iz kanalščine</b>	<b>€</b>	<b>7.833</b>
Št. hišnih priključkov	kos	470
Cena komunalne priključnine	€/ kos	2,10
<b>Letni prihodki iz komunalne priključnine</b>	<b>€</b>	<b>987</b>
Cena čiščenja odpadne vode / m <sup>3</sup> za gospodinjstva	€/ m <sup>3</sup>	0,33
<b>Letni prihodki iz čiščenja kom. odpadne vode</b>	<b>€</b>	<b>23.499</b>
Znižana okoljska dajatev	€/PE/ leto	3,07
<b>Letni prihodki iz znižane okoljske dajatve</b>	<b>€</b>	<b>4.102</b>
<b>Skupni letni prihodki iz gospodinjstev</b>	<b>€</b>	<b>36.421</b>



<b>Delež vseh prispevkov / prebivalca / leto</b>	€ /PE/ leto	<b>27,2</b>
--	-------------	-------------

**Preglednica 4.8** Prihodki iz odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode po tekočih cenah za območje povodja reke Branice

Opis postavk za letne prispevke - Branica	Enota	Vrednost
Število prebivalcev na povodju Branice	PE	2371
Povprečna poraba vode / preb. / leto	m <sup>3</sup> /PE/ leto	53.3
Skupna količina vode gospodinjstva	m <sup>3</sup>	126.374
Cena kanalščine / m <sup>3</sup> za gospodinjstva	€ / m <sup>3</sup>	0,11
<b>Letni prihodki iz kanalščine</b>	<b>€</b>	<b>13.901</b>
Št. hišnih priključkov	kos	759
Cena komunalne priključnine	€ / kos	2,10
<b>Letni prihodki iz komunalne priključnine</b>	<b>€</b>	<b>1.594</b>
Cena čiščenja odpadne vode / m <sup>3</sup> za gospodinjstva	€ /m <sup>3</sup>	0,33
<b>Letni prihodki iz čiščenja kom. odpadne vode</b>	<b>€</b>	<b>41.703</b>
Znižana okoljska dajatev	€ /PE/ leto	3,07
<b>Letni prihodki iz znižane okoljske dajatve</b>	<b>€</b>	<b>7.279</b>
<b>Skupni letni prihodki iz gospodinjstev</b>	<b>€</b>	<b>64.477</b>
<b>Delež vseh prispevkov / prebivalca / leto</b>	<b>€ /PE/ leto</b>	<b>27,2</b>

#### 4.4.5.2 Amortizacijski načrt

Amortizacijski načrt po podatkih iz literature (Fornazarič 2005, Kompore in sod., 2007), predvideva upoštevanje investicijskih gradbenih stroškov v višini 4%, za strojne elemente pa 7.69 % investicijske vrednosti. Za RČN se upošteva 4% amortizacijo, glede na to, da je v literaturi (Bulc, 1994) omenjena življenjska doba nad 25 let, če se pred čiščenjem z RČN vode mehansko očistijo v primarnem usedalniku.

Za vzdrževalne stroške kanalizacijskih vodov pa smo predvideli okvirno vrednost 30 % od investicijske vrednosti (**Priloga O**), porazdeljenih po ekonomski dobi investicije. Zaradi prepletanja različnih ekonomskih kazalcev in načina obrestovanja med amortizacijsko dobo, samega amortizacijskega načrta nismo sestavili. Verjamemo, da izračunane povprečne vrednosti v **preglednicah 4.3 in 4.4**, ki sicer vsebujejo le trenutne cene, razporejene po ekonomski dobi, ne odstopajo bistveno od dejanskih stroškov amortizacije.

Finančna analiza pokaže, da investicija ob trenutno veljavnih cenah komunalnih prispevkov ob porabi vode, primerljivih cenah čiščenja po najboljši praksi in znižani okoljski dajatvi za obremenjevanje voda ni ekonomsko rentabilna. Na negativni poslovni rezultat vplivajo tako stroški amortizacije, kot visoki vzdrževalni stroški. Verjetno bi upravljavec primanjkljaje na obravnavanem kanalizacijskem omrežju kril po sistemu solidarnosti iz prihodkov, ki izvirajo iz ekonomsko rentabilnih kanalizacijskih omrežji oz. v skladu s slovenskimi računovodskimi standardi, z delnim odpisom amortizacije (Fornazarič, 2005). Tak način upravljanja je vprašljiv in odpis amortizacije nima za podlago trdnih ekonomskih temeljev.

Upošteva je rezultate pridobljene preko letnega investicijskega in stroškovnega načrta (**Preglednica 4.5**), bi po najugodnejšem scenariju za odvajanje in čiščenje komunalne odpadne vode za povodje Lijaka, brez upoštevanja aglomeracije Šempas, potrebovali 3.756.645 €, kar pomeni 150.266 € letno, za povodje Branice pa 5.557.722 €, oziroma 222.309 € letno.

Popolno pokritje amortizacije in tekočih stroškov se glede na naselja giblje med 53 in 134 €/PE/ leto, povprečno pa znašajo 93 €/PE/ leto. Prihodki iz dajatev po trenutnih cenah dosegajo le 27 €/PE/ leto. Za ekonomsko pokritje je potrebno vsaj trikratno zvišanje cen trenutnih prispevkov. S tako velikim povečanjem bi zagotovili popolno pokritje stroškov amortizacije ter vzdrževanja objektov in naprav za odvajanje in čiščenje komunalne odpadne vode.

Nesmiselno je pričakovati, da bo katera lokalna skupnost pristala na tako drastično povečanje cen, da bi lahko odvajanje in čiščenje komunalne odpadne vode ustvarjalo neto pozitivni dobiček. Za kaj takega bi cena kanalščine in čiščenja na čistilni napravi krepko posegla v družinske proračune, sploh če je vključena še amortizacija za omenjene sisteme. Zavedati se moramo pomena čiščenja komunalne odpadne vode in iz računa za porabljeno vodo, za kanalščino, za čiščenje komunalne odpadne vode na čistilni napravi in odstranjevanje blata, pridobiti dovolj sredstev za nemotena vzdrževalna dela, ter vsaj del amortizacije. Vedeti moramo, da ne bomo vedno neto prejemniki iz Evropskih skladov in je potrebno dolgoročno politiko urejanja odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode prenesti na državne ali lokalne organe, ki bodo imeli sposobnost direktnega investiranja iz lastnih sredstev in pridobivanja ugodnih kreditov za okoljske investicije pri Evropski banki za razvoj EBRD in ostalih evropskih in državnih bančnih institucijah. Podjetje ali družba, ki se ukvarja z odvajanjem in čiščenjem komunalne odpadne vode, že po zakonu o javnih službah (Ur. List RS, št. 32/93, 30/98) ni podrejena ustvarjanju dobička, pač pa skrbi za okolje. Verjetno bi ta služba lahko del primanjkljaja iz obdelave komunalnih odpadnih vod krila iz drugih področij ali s sofinanciranjem občin, zelo verjetno pa bodo sledile tudi zmerne podražitve prispevkov za odvajanje in čiščenje odpadne komunalne vode.

#### **4.4.6 Primerjava naših rezultatov z dejanskim projektom**

Aglomeracija Šempas-Vitovlje ni bila predmet naše analize, iz preprostega vzroka, ker se za ti naselji s širšo okolico že izvaja investicija v komunalno čistilno napravo. Izvedba kanalizacije je še v fazi projektiranja, tako da se ne ve kolikšna bodo potrebna investicijska sredstva, medtem ko za čistilno napravo ti podatki obstajajo. Zanimivo se nam je zdelo primerjati projekt centralne čistilne naprave, z razpršenim načinom čiščenja komunalne odpadne vode, katerega smo uporabili v naših analizah, za to isto aglomeracijo Šempas-Vitovlje.

Projektirana čistilna naprava Šempas-Vitovlje ima nazivno moč čiščenja 3.000 PE. Izbrana lokacija se nahaja na levem bregu potoka Ozlenšček, ki je skoraj kilometer oddaljeno od strnjene naselja. Odpadne vode se bodo čistile z intenzivnim dvostopenjskim sistemom, z aktivnim blatom in nitrifikacijo. Investicija znaša po projektu 2,2 milijona € (Fornazarič, 2006).

Da bi zagotovili primerljivost s sistemom iz naše analize, smo od te vrednosti odbili postavke, ki jih tudi pri naši analizi nismo upoštevali. To so izgradnja infrastrukture in komunalnih priključkov, izvajanje nadzora in nepredvidena dela. Vrednost opreme, gradbenih in tehnoloških stroškov, tako za to čistilno napravo znaša 1,57 milijona €.

Za primerjavo investicij smo izdelali kratko analizo po ustaljenem postopku s SBR in RČN tudi za naselja aglomeracije Šempas-Vitovlje (**Preglednica 4.9**). Iz rezultatov lahko vidimo, da je samo investicija v optimalno izbiro ČN po metodologiji razpršenega čiščenja precej ugodnejša.

Vrednost investicije v več malih komunalnih čistilnih naprav, bi po naših izračunih dosegla 523.178 €, kar je le tretjina vrednosti primerljivih postavk naprave, ki je v gradnji. Ocene vrednosti projekta izgradnje kanalizacije sicer še ni, vendar smo prepričani, da bo tudi ta precej preseгла naše ocene.

**Preglednica 4.9** Pregled vrednosti investicije, pri izbiri najboljših variant čiščenja komunalne odpadne vode z razpršenim načinom čiščenja v malih komunalnih čistilnih napravah, na območju aglomeracije Šempas-Vitovlje

Naselje	Prebivalci PE	Investicija SBR (€)	Investicija RČN (€)	Investicija Kanalizacija (€)	Najugodnejša izbira ČN, glede na skupne stroške v ekonomski dobi (€)
Šempas	1066	149.220	212.999	1.158.800	SBR 149.220
Ozeljan	778	120.330	175.625	1.067.760	SBR 120.330
Vitovlje, del	433	86.600	122.656	535.040	SBR 86.600
Osek	342	67.500	106.150	511.200	RČN 106.150
Šmihel, del	138	43.900	60.878	267.360	RČN 60.878
Skupaj	2757	467.550	678.308	3.652.160	Investicija ČN 523.178

## 5 ZAKLJUČKI

V diplomskem delu smo izvedli kemijsko in biološko analizo dveh zaključenih področij, ki imata sicer več skupnih lastnosti, toda kot pglavitno povzemamo, da sta to območji povodij dveh vodotokov. Evropska okoljska zakonodaja sprejema povodje kot ključni element spremljanja stanja ključnih parametrov in uvajanja postopkov za ohranjanje ali vzpostavljanje dobrega kemijskega in ekološkega stanja.

Izbrali smo območji povodij vodotokov Lijaka in Branice in z enostavnimi metodami kemijske in biološke analize določili stanje površinskih voda na obeh povodjih. Analizo nekaj ključnih parametrov, ki so povezani z onesnaževanjem voda, smo izvedli v jesenskem in pomladnem terminu.

Kemijska analiza temelji na analizi štirih anionov, ki so vsi tudi naravno prisotni v vodah, vendar lahko vsako povečanje koncentracije v vodah pripišemo nekemu viru. Z ionsko kromatografijo smo analizirali klorid, nitrat, fosfat in sulfat.

- Kloridi so bili povsod v mejah mejne vrednosti za pitne vode, saj za površinske vode ta parameter ni reguliran. Nekoliko višje koncentracije so se pojavile le na nekaterih mestih pod naselji na območju obeh povodij ter v potoku iz odlagališča odpadkov v Stari gori.
- Nitrat je lahko pokazatelj onesnaženja s komunalnimi odpadnimi vodami iz naselij, ali pa kot posledica čezmernega gnojenja njiv. Ugotovili smo, da so izmerjene povišane koncentracije skoraj izključno v bližini naselij in so del komunalnih izpustov. Meritve so pokazale, da večina analiziranih vzorcev preseglja koncentracijo 9 mg/L za nitrat, ki je zakonska meja za določanje evtrofnih voda (Ur. list RS, št. 45/07). Na nekaterih vzorčnih mestih pod naselji so bile izmerjene koncentracije, ki niso v skladu z uredbo o kemijskem stanju voda (Ur. list RS, št. 11/02). Mejno vrednost 25 mg/L, določeno po tej uredbi, so presegale vode v bližini naselij Vogrsko in Šmihel na območju Lijaka ter vode potoka Culovec, na območju Branice..
- Fosfat je limitirajoči dejavnik za pojav evtrofikacije. V nobenem vzorcu nismo zasledili povišanih koncentracij za ortofosfat. Meja detekcije metode z ionsko kromatografijo je znašala 1,8 mg/L. Ne moremo trditi, da vode niso onesnažene s fosfati, so pa njegove koncentracije pod mejo detekcije naše metode. Nizka raven za fosfat je mogoče ključni razlog, da večina analiziranih voda še ni podvržena evtrofikaciji.
- Sulfat je dosegal visoke koncentracije v primerjavi z ostalimi ioni, klub temu pa so bile te pod mejno vrednostjo 150 mg/L, določeno v uredbi o kemijskem stanju površinskih voda (Ur. list RS, št. 11/02). Z analizo smo ugotovili povišane koncentracije v vodah blizu naselij, kar kaže na vpliv komunalnih odplak.

Biološko analizo smo izvedli na več različnih načinov, vedno pa smo ugotavljali prisotnost fekalnih koliformnov. V jesenskem terminu vzorčenj smo s koli titer metodo potrdili skupne koliformne in zanje določili MPN (De Man, 1977) Za vse vzorce smo potrdili tudi prisotnost fekalnih koliformnov, s testom za enterobakterije (Čadež in sod., 2005). V pomladnem terminu vzorčenj smo vzorčili na istih mestih, prisotnost fekalnih koliformnov pa smo preverjali s štetjem kolonij na filtru, ki smo ga inkubirali na selektivnem gojišču za enterobakterije. Metoda (Clesceri in sod., 1998) je hitrejša in prav v vseh vzorcih smo potrdili prisotnost fekalnih koliformnov.

Biološka analiza je pokazala precej bolj kritično stanje, kot kemijska. Večina analiziranih voda je fekalno onesnaženih do te mere, da ne zadovoljujejo pravilnika o higijenskih pogojih za kopalne vode (Ur. list RS, št. 73/03, 96/06), ki postavlja zgornjo

mejo 500 celic fekalnih bakterij v 100 ml vode. Visoke vrednosti fekalnih koliformnih bakterij, so izključno produkt neurejenega odvajanja in čiščenja odpadne vode iz naselij, kar smo z biološko analizo tudi želeli dokazati.

Rezultati, pridobljeni iz kemijsko-biološke analize so pokazali na potrebo po učinkovitem čiščenju odpadnih voda iz naselij. S tehnično analizo smo prikazali večino uporabnih metod za čiščenje odpadnih komunalnih voda. Po tehnični plati je nabor možnih rešitev za čiščenje odpadne vode zelo velik. Izbor za ekonomsko analizo smo skrčili na dve napravi, obe primerni za razpršeno poselitev. Naredili smo ekonomsko analizo za intenzivni SBR sistem in naravno ekstenzivno RČN z vertikalnih tokom, ter ju med seboj primerjali.

Ekonomska analiza čiščenja in odvajanja odpadnih voda iz naselij na območjih povodij Lijaka in Branice predstavi ocene stroškov za obe izbrani metodi. Analizo izdelamo za vsako naselje posebej, saj med samo analizo ugotovimo, da je kanalizacijski sistem največji strošek tovrstnih investicij in je torej čiščenje odpadnih voda na mestu njihovega nastanka najcenejša rešitev.

Za vsa naselja na območju povodij Lijaka in Branice smo izdelali analizo stroškov investicije in tekočega vzdrževanja. Ugotovili smo, da je trenutno investicija v intenzivno oksidacijo s SBR načinom cenejša, se pa pri vzdrževanju izkaže za dražjo. Iz primerjave stroškov v življenjski dobi obeh naprav, smo pokazali, da je za naselja manjša od 370 PE, ekstenzivno čiščenje v RČN cenejše, za večja naselja, pa je bolje uporabiti intenzivni postopek, ki je v našem primeru SBR. Stroški odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode se glede na velikost naselja, gibljejo med 50 in 130 €/PE/leto. Če vse naprave obravnavamo skupaj, je povprečna cena odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode 86 €/PE/leto, za področje povodja Lijaka in 70 €/PE/leto, za naselja na povodju Branice.

Menimo, da je izgradnja več manjših čistilnih naprav s kratko kanalizacijsko povezavo, ekonomsko najbolj upravičena. Investicija v več malih čistilnih naprav za isto območje se pokaže za cenovno primernejšo rešitev, ob primerjavi s projektom skupne čistilne naprave za aglomeracijo Šempas-Vitovlje. Razpršeni način čiščenja, v vsakem naselju posebej, je skoraj trikrat cenejši. Kljub ugodni ceni takega načina čiščenja komunalne odpadne vode, prihodki iz komunalnih prispevkov, ki znašajo po trenutnih cenah le 27 €/PE/leto, ne zadoščajo za pokrivanje amortizacije in vzdrževanja celotnega sistema.

Evropska skupnost preko Kohezijskega sklada in Sklada za regionalni razvoj (ESRR), vzpodbuja razvoj okoljske infrastrukture celotne skupnosti. Slovenija pridobi v obdobju 2007-2013 skoraj dve milijardi evrov iz teh dveh naslovov. Naloga lokalnih skupnosti ostaja v izdelavi dobrih okoljskih projektov, ki lahko pridobijo ugodna nepovratna sredstva iz teh dveh skladov.

V tem diplomskem delu smo izdelali predlog pridobivanja sredstev iz Sklada za regionalni razvoj z združevanjem objektov za odvajanje in čiščenje odpadne komunalne vode v enoten projekt po povodju in mimo lokalnih mej. Tako bi namesto 21 predvidenih samostojnih projektov čiščenja komunalne odpadne vode, imeli le dva projekta, za vsako povodje posebej. Številu aglomeracij, ki morajo po operativnem programu odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode (OP KOV, 2004) urediti čiščenje odpadnih voda, bi s takim načinom prijave na razpis za črpanje denarja iz ESRR, vanj lahko vključili še ureditev situacije manjših naselij, ki sicer ne bi mogla računati na dodatna sredstva za čiščenje lastne komunalne odpadne vode. Predstavljeni način financiranja in ureditve odvajanja in čiščenja odpadne vode na skupnem povodju, bi lahko predstavljal vzorčni model za lokalne skupnosti v Sloveniji.

## 6 VIRI IN LITERATURA

- ANPA - Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente. Manuali e Linee Guida. 2001. Guida alla progettazione dei sistemi di collettamento e depurazione delle acque reflue urbane. ANPA, Roma, Italia. Dipartimento Prevenzione e Risanamento Ambientali: 142 str
- Baird C. 1999. Water. V: Environmental chemistry. 2. izdaja. W.H. Freeman and company, New York, ZDA. The chemistry of waters: str. 420-501
- CETA, IGP. 2007. La depurazione verde delle acque. 1.izdaja: 4 str.
- Bulc T. 1994. Primerjava rastlinskih čistilnih naprav v Sloveniji. MD. Biotehniška Fakulteta, Univerza v Ljubljani, Slovenija: 147 str.
- Bulc G. T., Ekoremediacije za kakovost vode z naravnimi procesi. Inštitut za fizikalno biologijo, Grosuplje, Slovenija. [www.ifb.si](http://www.ifb.si) (julij 2007)
- Clesceri L. S., Greenberg A. E., Eaton A. D. 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20. izdaja. APHA, AWWA, WEF, Baltimore, ZDA, United book press, Inc.: 1325 str.
- Čadež P., Mahne I., Stopar D. 2005. Vaje iz mikrobiologije. Univerza v Ljubljani, Slovenija, Biotehniška fakulteta: 46 str.
- De Man J. C. 1977. MPN tables for more than one test. Applied Microbiology and Biotechnology. 4. izdaja Springer, Berlin, Nemčija. Str. 307-316
- Dolenc T. 2005. Okoljska dajatev za obremenjevanje vode in zmanjšanje onesnaževanja voda. ARSO 2005 . [www.arso.si](http://www.arso.si) (Junij 2007)
- Določitev cene za enoto obremenitve voda za leto 2007. Sklep vlade in MOP RS. Uradni list RS, št. 138/06
- Državna topografska karta št.129 - Batuje. 1998. Geodetska uprava RS
- Državna topografska karta št.147 - Branik. 1998. Geodetska uprava RS
- Državna topografska karta št.128 - Nova Gorica. 1998. Geodetska uprava RS
- Državna topografska karta št.148 - Vipava. 1998. Geodetska uprava RS
- Evropska direktiva: Council and Parliament Directive 2000/60/EC, Water Framework Directive. Brussels, 23 October 2000.
- Evropska direktiva: Council Directive 91/271/EEC Urban waste-water treatment. Brussels, 21 May 1991.
- Evropska direktiva: Council Directive 91/271/EEC, Guideline concerning extensive wastewater treatment processes adapted to small and medium sized communities (500 to 5.000 population equivalents). Brussels, 21 May 1991.
- Evropska direktiva: Council directive 96/61/EC Integrated pollution prevention and control. Brussels, 24 September 1996.
- Evropska direktiva: Council Directive 91/676/EEC Guideline concerning the Protection of Waters against Pollution caused by Nitrates from Agricultural Sources. Brussels, 12. December 1991.
- Evropska direktiva: Council Directive 86/278/EEC The protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture. Brussels, 12 June 1986.
- Evropska direktiva: Council and Parliament Directive 2006/7/EC Guideline concerning the management of bathing water quality and repealing Directiv. Brussels, 15 February 2006.
- Evropska direktiva: Council Directive 79/869/EEC The methods of measurement and frequencies of sampling and analysis of surface water intended for the abstraction of drinking water. Brussels, 9 October 1979.
- EN ISO 10304-1. 1995. Kakovost vode – Določevanje raztopljenih fluoridnih, kloridnih, nitritnih, ortofosfatnih, bromidnih, nitratnih in sulfatnih ionov z uporabo ionske kromatografije – 1. del: Metoda za malo obremenjene vode.: 24 str.
- Environment Southland. 2005. New Zealand. [www.es.govt.nz](http://www.es.govt.nz) (junij 2007)

- Fornazarič M. 2005. Projektna dokumentacija za ČN Ozeljan – Investicijski stroški. Nova Gorica, Slovenija. Projekt d.d.: str. 10-14
- Gerardi H. M., Zimmerman M. C. 2005. Wastewater Pathogens. 1. izdaja. John Wiley and Sons, New York, ZDA: 175 str.
- Globevnik L. 2006. Izvajanje Vodne direktive v Sloveniji. Predstavitev prvih ocen možnosti doseganja okoljskih ciljev za vodna telesa v Sloveniji po načelih Vodne direktive. 1. izdaja. Ljubljana, Inštitut za vode republike Slovenije: 48 str.
- Hrček D., Kolbezen M., Pristov J. 1998. Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije. MOP, Hidrometeorološki zavod republike Slovenije, Ljubljana: 30 str.
- Hammer M. J., Hammer M. J. Jr. 1996. Water and Wastewater Technology. 3. izdaja. New Jersey, USA, Prentice Hall, Inc.: 519 str.
- Izvajanje vodne direktive na Vodnem območju Jadranskega morja. ARSO, Ljubljana, Slovenija: 152 str.
- Javno podjetje Vodovod in Kanalizacija Ljubljana. 2005. Voda. Letnik 12, št. 41. Ljubljana, Slovenija: 4 str.
- Javni razpis za sofinanciranje lokalne komunalne infrastrukture. 2003. MOP, Ministrstvo za okolje in prostor, Ljubljana, Slovenija
- Kazalci okolja v Sloveniji. KOS 2007. ARSO, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana, Slovenija. <http://kazalci.arso.gov.si/kazalci>, Julij 2007
- Kompare B., Atanasova N., Uršič M., Drev D., Vahtar M. 2007. Male čistilne naprave na območju razpršene poselitve. 1. izdaja. Ljubljana, Slovenija. FGG-IZH Ljubljana, ICRO Domžale: 57 str.
- Komunalne in skupne čistilne naprave - strokovna ocena. 2007. ARSO, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana, Slovenija.
- Koglot J. 2007. Svetovni dan voda - Vode v Goriški regiji. ZZV Nova Gorica, Slovenija: 2 str.
- Komisija Evropske Skupnosti. Poročilo komisije svetu in parlamentu Evrope o izvajanju Direktive Sveta 91/676/EGS o varstvu voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov za obdobje 2000–2003. Bruselj, 19.3.2007 <http://europa.eu>
- Lapajne S., Pogačar A., Babič M. 1998. Problematika odvzema in priprave vzorca. Roš M. Vodni dnevi 1998. SDZV, Ljubljana, Slovenija: str. 28-36
- Lam P., Richardson B., Wu R. 1999. Introduction to ecotoxicology. 1. izdaja. Cornwall, Velika Britanija, Blackwell Science : 170 str.
- Leskošek M. 1998. Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje. 1. izdaja. Ljubljana, Slovenija, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 51 str.
- Marangon F., Tomasinsig E., Vecchiet M. 2002. Valutazione tecnico-economica ed ambientale della fitodepurazione a servizio di piccole utenze. Analisi della situazione in FVG. Udine. Italija. Forum Editrice: 86 str.
- Masotti L., Verlicchi P. 2005. Depurazione delle acque di piccole comunità. Milano, Italija. Ulrico Hoepli Editore s.p.a.: 874 str.
- Mašanović B. Dogodki dneva - Bruselj potrdil prednostne razvojne naloge Slovenije - Kohezijski denar za Slovenijo. Delo 20. 6. 2007, str. 3
- Mezgec V. 2004. Spremljanje kvalitete voda v čezmejnem območju. Skupni sklad za male projekte, Program Phare, Slovenija / Italija 2002, MO Nova Gorica: 25 str.
- Mezgec V., Medeot A., Koglot J., Taljat A., Fabjan Velikanje V., Maver L., Hojak M., Barbič A., Žbogar V., Saksida A., Dunja Š., Leban Z., Bizjak D., Gregorič B., Urbančič E., Volk S., Markočič M. 2006. Monitoring voda v čezmejnem območju. Strokovno poročilo. MO Nova Gorica, Comune di Gorizia, ZZV Nova Gorica: 26 str.
- Navodilo o oblikovanju cen storitev obveznih lokalnih javnih služb odvajanja in čiščenja komunalnih in padavinskih voda. Uradni list RS št. 11/99.
- Navodilo za oblikovanje cen storitev obveznih lokalnih javnih služb oskrbe s pitno vodo. Uradni list RS št. 10/00.
- Nacionalni program varstva okolja na področju politike varstva voda. Uradni list RS, št. 83/99.

- SVLR, Služba Vlade Republike Slovenije za lokalno samoupravo in regionalno politiko. 2007. Nacionalni referenčni strateški okvir 2007-2013. Ljubljana: 121 str. <http://www.svlr.gov.si> (Julij 2007)
- SVLR, Služba Vlade Republike Slovenije za lokalno samoupravo in regionalno politiko. 2007. Operativni program krepitve regionalnih razvojnih potencialov za obdobje 2007 – 2013.. Ljubljana, Slovenija: 113 str.
- SVLR, Služba Vlade Republike Slovenije za lokalno samoupravo in regionalno politiko. 2006. Operativni program razvoja okoljske in prometne infrastrukture za obdobje 2007 - 2013. Ljubljana, Slovenija: 103 str.
- OP KOV, Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode. Sklep vlade RS, 14. 10. 2004. Ljubljana, Slovenija: 90 str.
- Operativni program za varstvo voda pred onesnaženjem z nitrati iz kmetijske proizvodnje za obdobje 2004–2008. 2004. <http://okolje.arso.gov.si>
- Osnutek uredbe o spremembah in dopolnitvah uredbe o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi odvajanja odpadnih voda. 2006. Mesečni utrip, Združenja občin Slovenije: 17 str.
- Posoški regijski razvojni center. 2007. Razpisna dokumentacija za prijavo projektov iz prvega javnega razpisa ESRR: 35 str.
- Pravilnik o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne in padavinske vode. Uradni list RS, št. 105/02, 50/04.
- Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih vod ter o pogojih za njegovo izvajanje. Uradni list RS št. 35/96, 29/00, 106/01, 74/07.
- Pravilnik o monitoringu kemijskega stanja površinskih voda. Uradni list RS, št. 42/02.
- Pravilnik za izvajanje dobre kmetijske prakse pri gnojenju. Uradni list RS, št. 130/04.
- Pravilnik o minimalnih higienskih in drugih zahtevah za kopalne vode. Uradni list RS, št. 73/03, 96/06.
- Pravilnik o pitni vodi. Uradni list RS, št. 19/04, 35/04.
- Prvi javni razpis za prednostno usmeritev regionalni razvojni programi, v okviru OP krepitve regionalnih razvojnih potencialov za obdobje 2007 – 2013. Uradni list RS, št. 48/07.
- Program spremljanja površinskih voda, ki se uporabljajo za oskrbo s pitno vodo. 2007. ARSO, Agencija Republike Slovenije za Okolje, Ljubljana, Slovenija
- Program spremljanja okoljskega in kemijskega stanja rek. 2006. ARSO, Agencija Republike Slovenije za Okolje, Ljubljana, Slovenija.
- Prosnik T. Ekoremediacije v celostnem upravljanju z vodami, 2005. Zavod IZER, Limnos d.o.o. [www.limnos.si](http://www.limnos.si) (Julij 2007)
- Rejec Brancelj I.: 2001. Kmetijsko obremenjevanje okolja v Sloveniji – pokrajinski vidiki obremenjevanja iz razpršenih virov. IG, Ljubljana, Slovenija: 104 str.
- Radonić M. 1983. Vodovod i kanalizacija u zgradama. 2. izdaja. Građevinska knjiga, Beograd, Srbija: 866 str.
- Register aglomeracij, uporabljen v sistemu za poročanje o kanalizaciji. [www.ijsvo.si/kanalizacija/registeraglomeracij.aspx](http://www.ijsvo.si/kanalizacija/registeraglomeracij.aspx) (Junij 2007)
- Rismal M. Preskrba s pitno vodo potrebuje dobro čiščenje odpadnih vod in celostno zaščito voda. 2000. Roš M. Vodni dnevi 2000. Portorož, Slovenija. Str.51-58
- Roš M. Sistemi čiščenja s problematiko odpadnega blata. 2005. Kemijski inštitut, Ljubljana, Slovenija. 9 str. [www.sdzv-drustvo.si](http://www.sdzv-drustvo.si) (Junij 2007)
- Roš M. 2001. Biološko čiščenje odpadne vode. 1. izdaja. Ljubljana, Slovenija, GV Založba : 243 str.
- Roš M. 2002. Vodni dnevi 2002 – zbornik referatov (različni avtorji). SDZV, Portorož, Slovenija: 143 str.
- Smith R. L., Smith T. M. 2001. Ecology and field biology. 6. izdaja. West Virginia, USA, Benjamin Cummings, Inc.: 772 str.



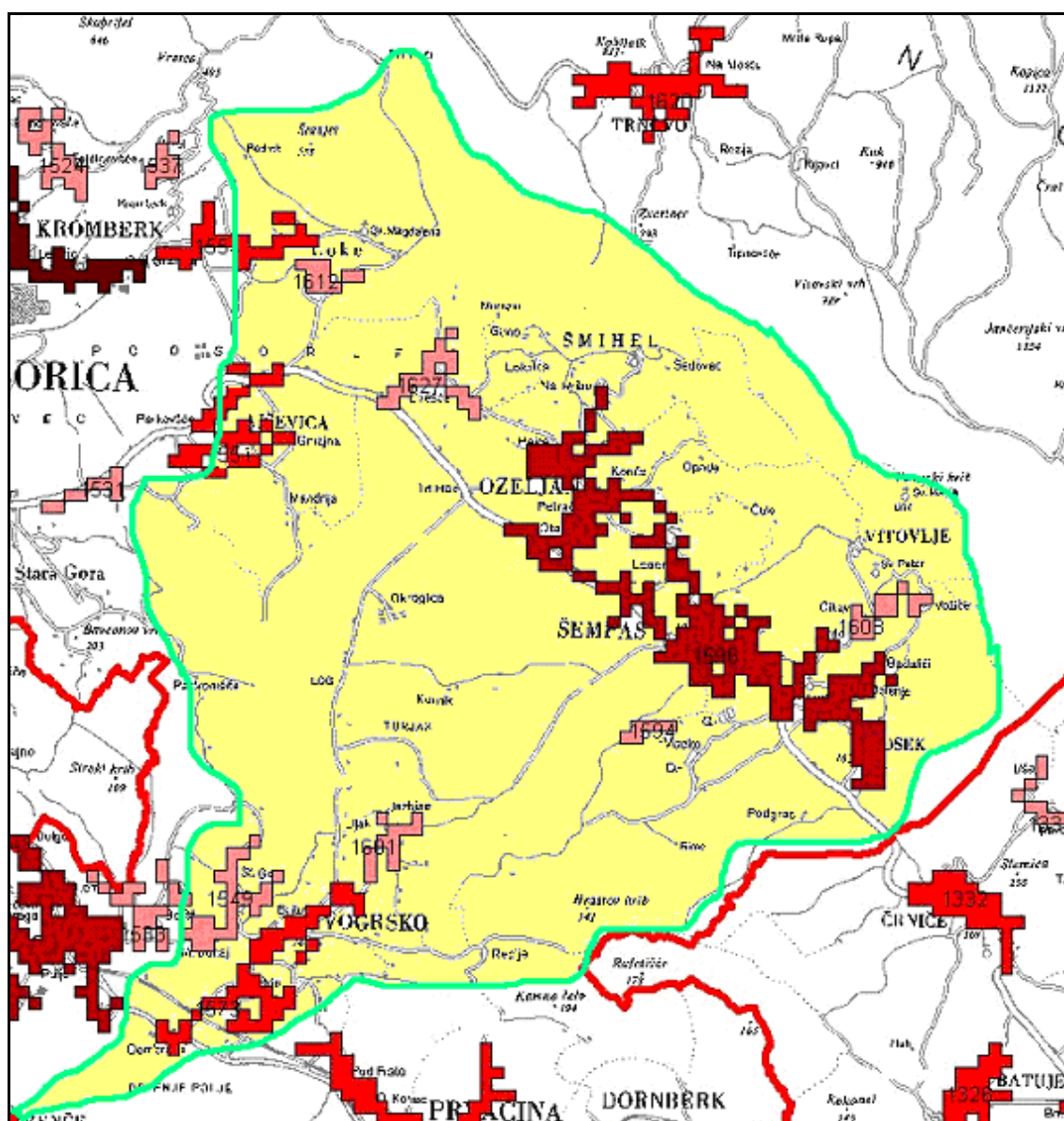
- Statistični letopis Republike Slovenije 2001, Statistični urad Republike Slovenije, [www.stat.si](http://www.stat.si) (Junij 2007)
- Slovenski standard. SIST DIN 4261-1, Male čistilne naprave - Naprave brez ozračevanja. Uporaba, dimenzioniranje in izvedba : prevzet standard DIN 4261-1:1991 z metodo platnice. Urad RS za standardizacijo in meroslovje. Ljubljana, Slovenija: 2 str.
- Slovenski standard. SIST DIN 4261-3. 1996. 1.izdaja. Male čistilne naprave - Naprave brez ozračevanja. Obratovanje in vzdrževanje : prevzet standard DIN 4261-3:1990 z metodo platnice. Urad RS za standardizacijo in meroslovje. Ljubljana, Slovenija: 2 str.
- Strokovne podlage za izdelavo nacionalnega programa odvajanja in čiščenja odpadnih komunalnih in padavinskih voda, Priloga 11 – Goriška regija, Prikaz aglomeracij, ki presegajo 50 PE, Projekt d.d.
- Šimac N. 2007. Svetovni dan voda – pitna voda v Goriški regiji. ZZV Nova Gorica, Slovenija: 2 str.
- Tchobanoglous G., Burton F.L., Stensel H.D. 2003. Wastewater Engineering - Treatment and Reuse. 4. izdaja. Metcalf & Eddy, Boston, ZDA, Revised by Mc Graw Hill: 1819 str.
- Tree of Life Web Project. 2006. Version 10 March 2006. <http://tolweb.org/>
- Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo. Uradni list RS št. 47/05, 45/07.
- Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih vod iz malih komunalnih čistilnih naprav. Uradni list RS, 103/02, 41/04.
- Uredba o vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla. Uradni list RS št. 68/96.
- Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih vod iz objektov reje domačih živali. Uradni list RS št. 10/99.
- Uredbe o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda iz virov onesnaževanja. Uradni list RS št. 35/96.
- Uredba o kemijskem stanju površinskih voda. Uradni list RS, št. 11/02.
- Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi odvajanja odpadnih voda. Uradni list RS št. 123/04, 142/04.
- Uredba o spremembah in dopolnitvah uredbe o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi odvajanja odpadnih voda. Uradni list RS št. 68/05 in 77/06.
- Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla. Uradni list RS, 84/05.
- Verbič J., Sušin J., Simončič A., Cergan Z., Babni D., Jejčič V., Poje T., Knapič M., Verbič Ja., Dolničar P., Majer D., Ugrinovič K., Janža R., Maljevec J., Stopar M., Zemljič A. 2006. Svetovalni kodeks dobre kmetijske prakse – Varovanje voda, tal, zraka in ohranjanje biotske raznovrstnosti. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. Ljubljana, Slovenija: 200 str.
- Vovk Korže A., Vrhovšek D. 2006. Z ekoremediacijami do zdravega okolja tudi v Sloveniji. Ekolist, Ljubljana, Slovenija: 12 str.
- Zakon o gospodarskih javnih službah. Uradni list RS, št. 32/93, 30/98
- Zakon o vodah. Uradni list RS, št. 67/02.
- Zakon o varstvu okolja. Uradni list RS, št. 41/04.
- Zakon o urejanju prostora. Uradni list RS št.110/02.
- Zakon o prostorskem načrtovanju. Uradni list RS št. 33/07.
- Zec M. 2007. Kazalci okolja v Sloveniji, Čiščenje odpadnih voda. Januar 2007 <http://kazalci.arslo.gov.si> (April 2007)

## 7 PRILOGE

### PRILOGA A

#### AGLOMERACIJE NA POVODJU LIJAKA

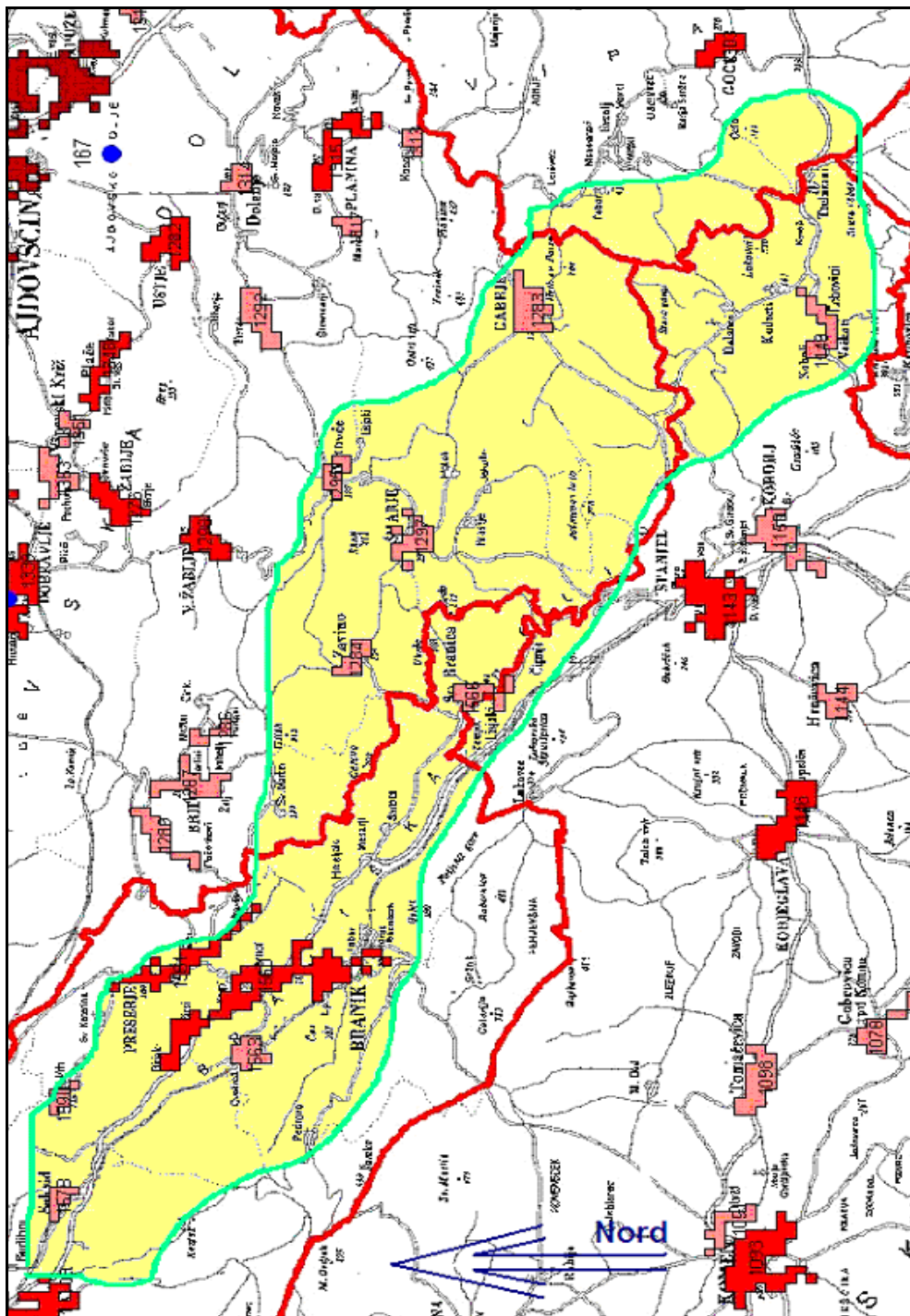
Označena so naselja ali deli naselij z več kot 50 PE. Celotna površina zemljevida je razdeljena na celice, velikosti enega hektarja. Območje rečnega bazena Lijak je označeno z rumeno barvo. Aglomeracije so v rdečih odtenkih, gostota posameznega naselja je posebej opisana v **poglavjih 2.8** in **3.4**.



## PRILOGA B

### AGLOMERACIJE NA POVODJU BRANICE

Označena so naselja ali deli naselij z več kot 50 PE. Celotna površina zemljevida je razdeljena na celice, velikosti enega hektarja. Območje rečnega bazena Branice je označeno z rumeno barvo. Aglomeracije so v rdečih odtenkih, gostota posameznega naselja je posebej opisana v  **poglavjih 2.8** in **3.4**.



## PRILOGA C

### BIOLOŠKI DEJAVNIKI ČIŠČENJA ODPADNE VODE

Seznam organizmov in procesov, ki so vključeni v biološko čiščenje odpadne vode (vir: Tchobanoglous in sod, 2003)

Tip bakterij	Značilni predstavniki	Vir ogljika	Substrat donor e <sup>-</sup>	Akceptor e <sup>-</sup>	Končni produkt	Ime reakcije
Aerobni heterotrofi	<i>Alcaligenes</i> , <i>Arthrobacter</i> , <i>Citromonas</i> , <i>Flavobacterium</i> , <i>Pseudomonas</i> <i>Sphaerotilus</i> <i>Ciliated</i> <i>protozoa</i>	Organska snov	Organska snov	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O	Aerobna oksidacija
Aerobni avtotrofi	<i>Nitrosomonas</i> , <i>Nitrosolobus</i>	CO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub> <sup>-</sup>	O <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Nitrifikacija, 1. stopnja
	<i>Nitrobacter</i>	CO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	O <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrifikacija, 2. stopnja
	<i>Ferrooxidans</i> <i>Ferroglobus</i>	CO <sub>2</sub>	Fe(II)	O <sub>2</sub>	Fe(III)	Oksidacija železa
	<i>Tiobacillus</i> <i>Chlorobium</i>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S, S <sup>0</sup>	O <sub>2</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Oksidacija žvepla
Fakultativni heterotrofi	<i>Bacillus</i> <i>Pseudomonas</i>	Organska snov	Organska snov	NO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	N <sub>2</sub> CO <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O	Anoksična denitrifikacija
Anaerobni heterotrofi	<i>Clostridial</i> <i>Lactobacillus</i>	Organska snov	Organska snov	Organska snov	Maščobne kisline: acetat propionat	Kisla fermentacija
	<i>Deferribacteres</i>	Organska snov	Organska snov	Fe(III)	Fe(II) CO <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O	Redukcija železa
	<i>Desulfovibrio</i> <i>Desulfuromonas</i>	Organska snov	Organska snov	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	H <sub>2</sub> S CO <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O	Redukcija sulfata
	<i>Methanococcus</i> <i>Methanomonas</i>	Organska snov	Maščobne kisline: acetat propionat	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	Metanogeneza

## PRILOGA D

### ONESNAŽEVALA V VODNEM OKOLJU

Opis poti in načinov transformacije onesnaževal v vodnem okolju (vir: Tchobanoglous in sod., 2003)

Proces	Opis procesa	Gradniki
Adsorbpcija in desorbpcija	Veliko kemikalij v odpadnih vodah se zaradi elektrostatskih sil prilepi na trdne delce v vodi. Usedanje takih delcev pomeni tudi odstranitev kemikalije.	Kovine, $\text{NH}_4^+$ , $\text{PO}_4^{3-}$
Bakterijska pretvorba	Aerobne in anaerobna pretvorba odpadnih vod, s strani bakterij je najpomembnejši proces transformacije onesnaževal. Dogaja se tako v biofilmu sedimenta, kot prosto v vodi.	Oksidacija BPK, redukcija sulfata, nitrifikacija, denitrifikacija, fermentacija
Kemijske reakcije	V vodi se dogajajo pomembne kemijske reakcije, kot: hidroliza, oksidacija, redukcija, fotokemične pretvorbe.	Ionska izmenjava, dekompozicija organskih snovi
Filtracija	Mehansko odstranjevanje koloidov in delcev v raztopini med pretakanjem skozi sediment	Raztopljeni trdni delci, koloidi
Flokulacija	Proces združevanja manjših delcev, ki prosto plavajo v raztopini, v večje kosme poteka tudi v naravi. Nanj vpliva več dejavnikov: gibanje tekočine, različni gradienti hitrosti usedanja...	Koloidi, manjši organski delci
Absorbpcija plina	V vodi se plin absorbira do meje nasičenosti. Za biološke procese zelo važen kisik, se na stiku površine vode z zrakom absorbira, če je raven kisika v vodi pod mejo nasičenja.	$\text{O}_2$ , $\text{CO}_2$ , $\text{CH}_4$ , $\text{NH}_3$ , $\text{H}_2\text{S}$
Naravno odmiranje	Odmiranje biomase, ki je za lastno rast uporabila onesnaženo odpadno vodo	Rastline, živali, alge, bakterije, protisti...
Fotokemične reakcije	Sončno obsevanje pospeši kemijske reakcije. UV žarki uničujejo organske molekule.	Fotokemična oksidacija
Fotosinteza in rast alg	Izobilje hraniv v odpadni vodi in ugodna temperatura s sončnim obsevanjem spodbudi rast alg. V toku dneva celice alg med procesom fotosinteze sintetizirajo kisik, ki se naknadno raztaplja v vodi, v nočnem času pa ga porabljajo.	Alge, plavajoče rastline, nitrati, fosfati...
Sedimentacija	Če ni občutnega mešanja se raztopljeni trdni delci usedajo	Raztopljeni trdni delci
Volatizacija	V procesu vaporizacije trdni delci in tekočine zapustijo vodno telo. Je obraten proces absorbpcije plinov.	VOCs,

## PRILOGA E

### OPIS VZORČNIH MEST NA POVODJU LIJAKA

L-1: Grapa na meji parcel med hišami in travniki. Vzorčenje neposredno za hišami, sadovnjaki in travniščem. Dno peščeno do nekoliko zamuljeno. Brežine zatravljene in redno košene (**Slika E-1**).

L-2: Manjši potok, ki se steka v Lijak neposredno za cestnim mostom na Vogrskem. Vanj se stekajo manjši izviri iz vzhodnega dela Stare Gore. Vzorčno mesto pred cestnim propustom. Brežine zatravljene, nekoliko poraščene z nasajenim in avtohtonim drevjem, dno peščeno, nekoliko muljasto (**Slika E-1**).

L-3: Potoček, ki izvira pod vzhodnim delom naselja Vogrsko in se izliva v potok Vogršček. Struga je speljana med manjšimi sadovnjaki in zaplatami gozda. Struga v celem toku obraščena z robinjo, prepredena z robido in težko dostopna. Vzorčno mesto ob cesti, ki vodi v naselje Bezovljak in k zadrževalniku Vogršček. Dno kamnito in peščeno, brežine nekoliko izpodjedene od visokih vod (**Slika E-1**).

L-4: Podoben potoček, kot pri predhodnem merilnem mestu. Izvira pod vzhodnim delom vasi Vogrsko. V okolici struge je več gozda, nekaj je vinogradov in ni več sadovnjakov. Brežine struge delno erodirane, dno gramozno (**Slika E-1**).

L-5: Potok Vogršček, pod mostom za cesto v Bezovljak, kmalu po izpustu iz zadrževalnika. Struga kamnita, umetna in močno preoblikovana. Bregovi zatravljene z posameznimi drevesi, predvsem sadjem. Voda zaudarja po gnilih jajcih, kar nakazuje na prisotnost vodikovega sulfida, ki nastaja v spodnjih plasteh jezera, zaradi anaerobne razgradnje (**Slika E-1**).

L-6: Zadrževalnik Vogršček. Bregovi umetno utrjeni, nekje erodirani ali porasli s travinjem. Na več mestih porasli z robinjo. V neposredni bližini več vinogradov in sadovnjakov (**Slika E-1**).

L-7: Umetni kanal, ki je nastal po melioracijskih posegih na tem območju. Sprejema odpadne vode iz centra vasi pod šolo in vaško cerkvijo. Dno kanala kamnito, brežine porasle z vrbovjem (**Slika E-1**).

L-8: Pritok v Lijak pod naseljem Jazbine. Umetna struga, pretežno kamnita, na odsekih betonski kanal. Zaledje le tri hiše in kmetijske površine z vinogradi in sadnim drevjem (**Slika E-1**).

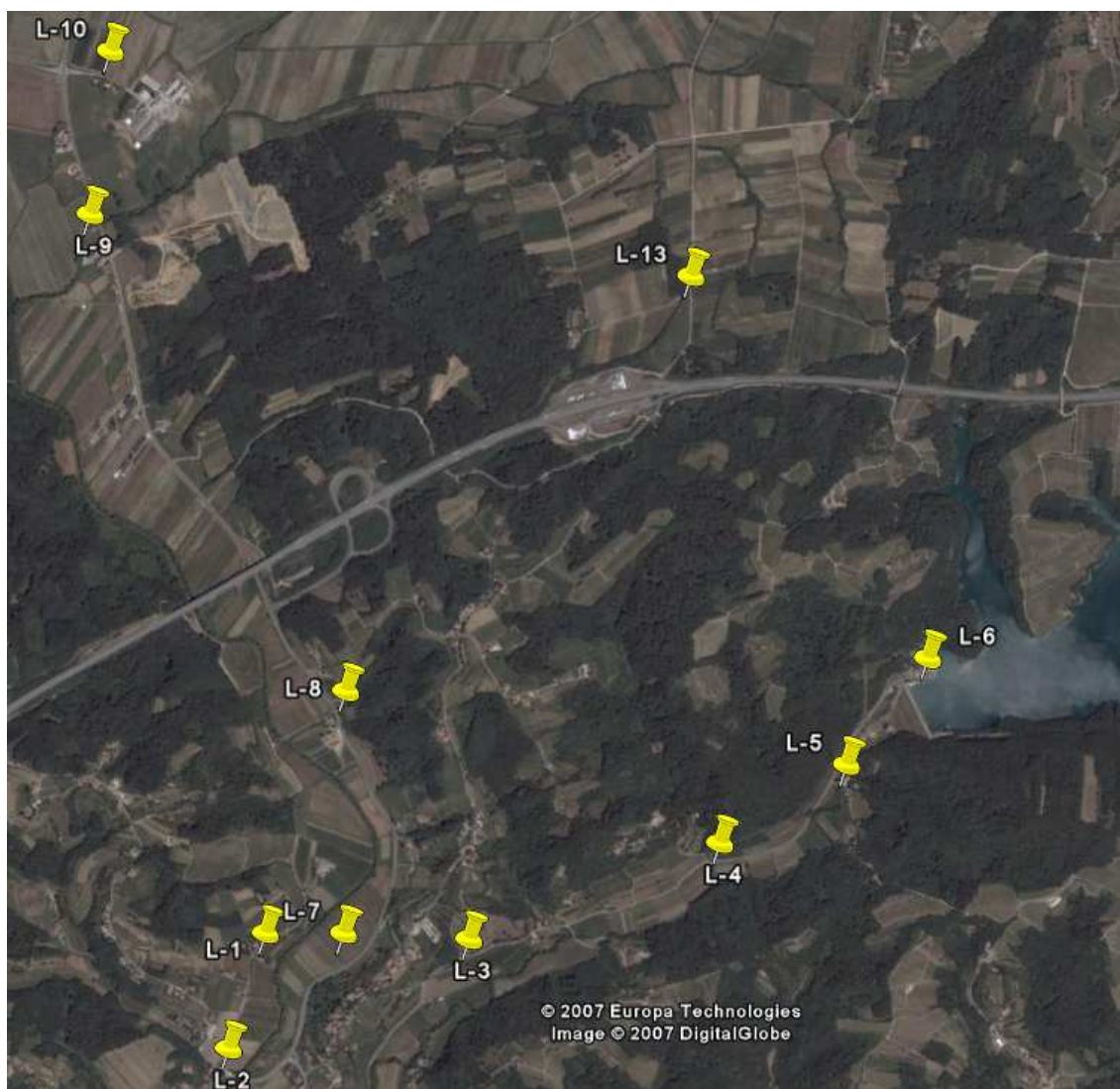
L-9: Potok Ozlenšček, pri vrtnariji, le dobrih sto metrov pred iztokom v Lijak. Dno muljasto, tok potoka zelo počasen. Bregovi zatravljene, na odsekih porasli z vrbovjem. Poleg vrtnarije v okolici orne njive (**Slika E-1**).

L-10: Umetni odtočni kanal iz naselja Okroglica. Prispevne vode iz hiš in manjšega bloka v naselju. Dno muljasto, bregovi poraščeni s trstičjem. Voda zaudarja po fekalijah, kar nakazuje slabo urejeno čiščenje vod tega naselja (**Slika E-1**).

L-11: Potoček, pritok Lijaka iz Dombrove. Poleg hiš iz naselja je na tem območju še tovarna Okroglica, s proizvodi so raznih oblazinjenih delov za notranjosti avtomobilskih kabin. V okolici breskovi nasadi. Bregovi potoka zaraščeni z robido in težko dostopni .

L-12: Vodotok Lijak, pred izlivom v Vipavo. Vzorčno mesto na Dolenjem polju dobrih sto metrov pred vodomerno in regulacijsko postajo sistema namakanja iz zadrževalnika Vogršček. Bregovi umetno utrjeni, vendar jih je čas primerno zakril s travinjem in večjimi vrbovimi drevesi, tako da je okolica dopadljiva.

L-13: Potok v Šempaskem polju, ki je pritok potoka Tribuša. Dvesto metrov nad vzorčnim mestom je bencinski servis na hitri cesti in površinske vode z velike asfaltirane površine gotovo vplivajo tudi na vodo potoka. V okolici večji breskovi nasadi. Dno potoka prodnato, bregovi zaraščeni z robinjo (**Slika E-1**).



**Slika E-1** Zračni posnetek dela vzorčnih mest na povodju Lijaka (vir: Google Earth)

L-14: Pritok potoka Ozlenšček. Umetni jarek, ob cesti zidan iz kamna. Bregovi travnati, košeni. Je sprejemni kanal za površinsko in odpadno vodo iz spodnjega dela Šempasa, od bencinskega servisa do trgovine. Neposredna okolica njive in nekaj vinogradov (**Slika E-2**).

L-15: Potok v naselju Šempas, na lokalni cesti, kmalu po odcepu z regionalne ceste. Potok obraščen z robinjo, delno prepreden z robido. Zaledje več hiš, v neposredni bližini njive in vinogradi (**Slika E-2**).

L-16: Potoček, z izvirov v hribu med Šempasom in Ozeljanom. Za vzorčnim mestom nekaj hiš, neposredna okolica pa so njive in travniki. Dno prodnato do peščeno, delno obraščeni bregovi (**Slika E-2**).

L-17: Ozeljan, center novega dela vasi poleg trgovine in gostilne. Naselje imenovano pri Petraču. Bregovi delno poraščeni, delno zatravljene in košeni. Poleg naselja v bližini le posamezna sadna drevesa in majhni vinogradi (**Slika E-2**).

L-18: Umetni kanal na Ozlenskem polju, poleg črpališča namakalnega sistema Vogršček. Dno kamnito, bregovi ob vodi porasli s trstičjem, širše pa košeni, oz. muljčani. Okolica orne njive s koruzo in pšenico. V strugo kanala se izlivajo tudi odpadne vode konjskih hlevov na Okroglici (**Slika E-2**).

L-19: Potoček, katerega struga gre mimo nekaj hiš ob cesti. Na eni strani struge majhno naselje, na drugi večji vinograd. Dno prodnato, bregovi močno obrasli z robinjo in prepredeni z robido (**Slika E-2**).

L-20: Potoček, ki izvira nad Ozeljanom. Ob strugi, podobno kot na predhodnem vzorčnem mestu nekaj hiš ob potoku in vinogradi v bližini. Bregovi manj poraščeni, dno potoka prodnato (**Slika E-2**).



**Slika E-2** Zračni posnetek dela vzorčnih mest na povodju Lijaka (vir: Google Earth)

L-21: Večja grapa v novem naselju pod Šmihelom. Voda iz grape rahlo zaudarja. Bregovi ilovnati, rahlo erodirani. V okolici travniki (**Slika E-3**).

L-22: Vodotok Lijak, nekaj sto metrov po izviro. Vzorčenje v tolmu za mostom, ob vzletni stezi jadralnih zmajarjev in modelarjev. Struga umetna, močno preoblikovana, dno zabetonirano s skalami. Bregovi zaraščeni, okolica vinogradi in travniki (**Slika E-3**).



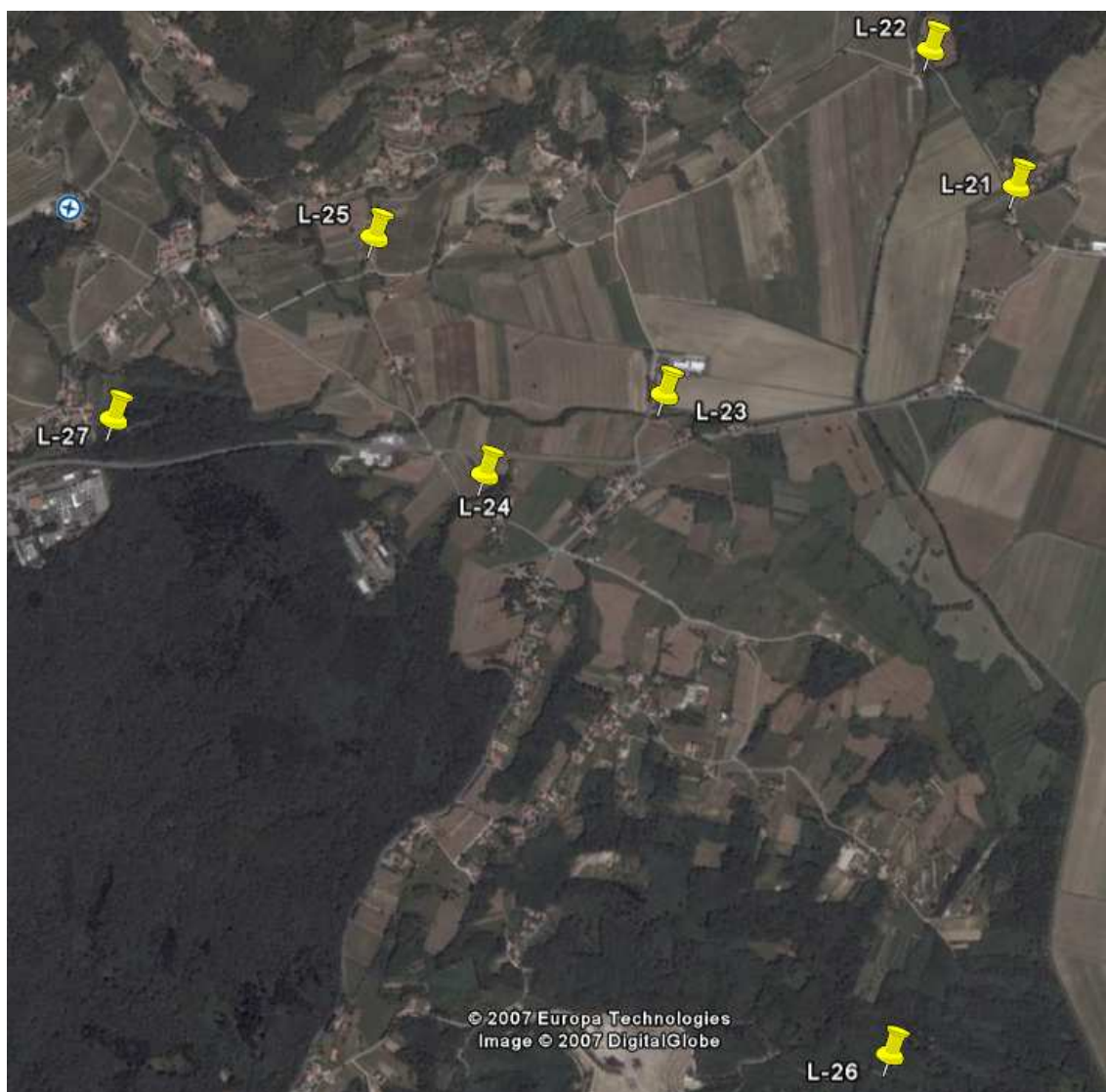
L-23: Potok Globočnik, pod naseljem Loke, v bližini mesarije Peloz. Dno peščeno, muljasto. Brežine poraščene z jelšo, bližnja okolica travniki (**Slika E-3**).

L-24: Pritok potoka Globočnik iz smeri Ajševice. Bregovi zaraščeni, tudi v zaledju gozdne površine Panovca. Dno muljasto, preprejeno z algami. V neposredni okolici nekaj hiš, predvsem pa travniki (**Slika E-3**).

L-25: Potoček pod hišami vzhodnega dela naselja Kromberk. Okoli potoka njive in vinogradi. Dno potoka muljasto, brežine delno poraščene z robinjo in robido, na odsekih vidna erozija (**Slika E-3**).

L-26: Potok v mešanem listnatem gozdu pod Ajševico. Je direkten prevzemnik odpadnih vod iz odlagališča komunalnih odpadkov v Stari gori. Potok ima počasen tok in tvori meandre. Voda izrazito obarvana v živo rumenih odtenkih (**Slika E-3**).

L-27: Potok Globočnik, kmalu po izviru pod tovarno MIP. V potok se stekajo odpadne vode naselja nasproti te tovarne. Značilna globoka, s starim listnatim gozdom močno poraščena kotanja. Dno potoka prodnato, bregovi kotanje so nasmeteni (**Slika E-3**).



**Slika E-3** Zračni posnetek dela vzorčnih mest na povodju Lijaka (vir: Google Earth)

## PRILOGA F

### OPIS VZORČNIH MEST NA POVODJU BRANICE

B-1: Reka Branica pod starim mostom neposredno poleg cestnega mostu regionalne ceste, ob naselju Steske. Bregovi zatravljeni, delno poraščeni s sadnim drevjem. Dno struge peščeno, prodnato, na odsekih počasnega toka vidne alge (**Slika F-1**).



**Slika F-1** Zračni posnetek vzorčnega mesta B-1 na povodju Branice (vir: Google Earth)

B-2: Potoček, pritok Branice pod naseljem Mesarji. Vzorčno mesto takoj za odcepom za Spodnjo Branico z glavne ceste. Dno muljasto, brežine zatravljene. Zaledje le nekaj hiš in posamezni vrtovi (**Slika F-2**).



**Slika F-2** Zračni posnetek vzorčnega mesta B-2 na povodju Branice (vir: Google Earth)

B-3: Manjši potoček, ki je speljan skozi naselje Škrbiči. Vzorčenje pod naseljem. Voda kalna, penasta in zaudarja, kar daje slutiti v nezadostno čiščenje pred izpustom. Brežine zatravljene, tudi strme, ilovnate.

B-4: Široki potok je pritok Branice brez naselij v zaledju. Struga potoka gre skozi gozd in mimo manjših njiv in vinogradov. Vzorčenje v gozdu, neposredno ob cesti.

B-5: Vzorčenje na reki Branici, poleg mostu na lokalni cesti v Zalisjak. Bregovi zatravljeni, občasno košeni, z nekaj sadnimi drevesi. V oddaljenosti nekaj sto metrov nad vzorčnim mestom se nahaja prašičja farma Stubelj.

B-6: Pred vstopom v naselje Spodnja Branica se v reko Branico izliva potok Mlac. Vzorčenje potoka med vinogradi, poleg samega naselja. Dno potoka kamnito, prodnato, na odsekih počasnega toka alge. Bregovi zatravljeni, z nasutimi vinogradniškimi odpadki: rožje, tropine.

B-7: Manjša grapa, ki sprejema meteorne in odpadne vode naselja Zavino. Vzorčenje približno sto metrov pod vasjo. Dno grape sprana ilovnata zemlja.

B-8: Vas Potok, skozi katerega teče istoimenski vodotok. Vzorčenje neposredno pod vasjo, v zasajenem smrekovem gozdičku. Potok je pritok vodotoku Sleme, ki se izliva v Branico. Okolica Potoka zelo zanemarjena, z obilico smeti.

B-9: Potok Culovec. Vzorčenje ob cesti v Šmarje. Neposredna bližina vode je obraščena z mešanim gozdom, širše pa so orne njive. Pobira meteorno in odpadno vod iz naselja Jakulini, ki je kilometer nad mestom vzorčenja.

B-10: Potok Rokolč, le malo pred izlitem v reko Branico. Je zbirnik vseh manjših potočkov iz višje ležečih predelov, tudi naselja Šmarje. Dno skalnato, bregovi poraščeni z robinjo.

B-11: Vzorčenje enega potoka z območja hriba Cerovec, sicer pa je podobnih voda na območju več. Vse pritekajo s hriba, na katerem je pretežno gozd, le nekaj vinogradov in brez naselij.

B-12: Potok Gabršček, mesto odvzema vzorca pred izlivom v Branico. Potok pobira vse meteorne in komunalne vode iz naselja Gabrje, ter posameznih hiš ob potoku. Ob sami strugi več vinogradov in mešan listnat gozd.

B-13: Vzorčenje na Branici, pred priključkom kraškega potoka Raša. Vzorec je najvišje po toku od vseh, sicer pa so prispevne vode poleg Raše in vseh naselij ob njenem toku, še naselja ob cesti v Manče in ostali potoki iz zahodnih Vipavskih brd.

B-14: Branica pred pritokom Rokolč. Naselje Podlazi, vzorčenje pred mostom, čez katerega pelje makadamska cesta v Štanjel. Brežine zaraščene, le na mestu vzorčenja košene. V neposredni bližini nekaj hiš.

B-15: Branica pred naseljem Čipnje v večji meri ponikne. Struga je polna le ob nalivih, kasneje pa se voda zadržuje le v tolmunih. Vzorčenje v enem takih tolmunov neposredno pred vasjo. Voda bistra, po skalah v tolmunu opaziti veliko vodnih polžev.

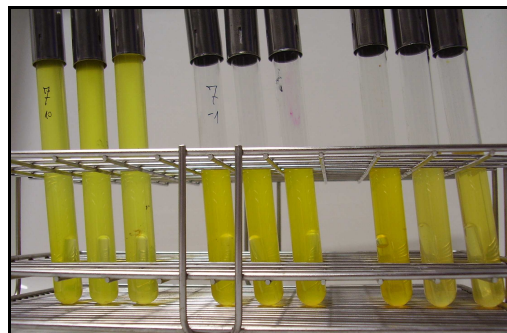
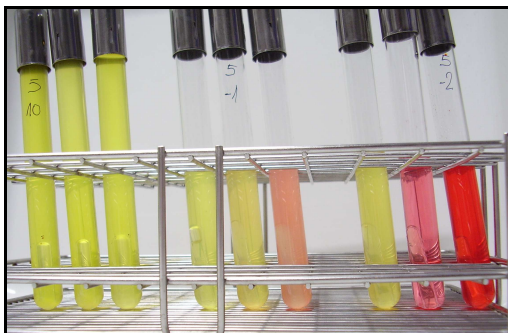
B-16: Del vasi Spodnja Branica sestavlja zaselek Lisjaki. Vzorčimo v vasi približno sto metrov pod farmo piščancev, ki je postavljena na robu vasi, neposredno ob reki. Voda počasi tekoča, dno peščeno, bregovi porasli z ločjem.

B-17: Predel Šutjevi. V zaledju le nekaj hiš in novejša farma piščancev. Dno reke prodnato, nekoliko poraščeno z algami, bregovi umetno utrjeni s kamni, preko reke pa zabetonirani nizki jezovi, verjetno za zmanjšanje erozije ob nalivih.

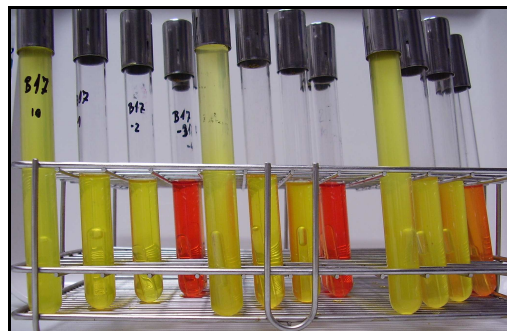
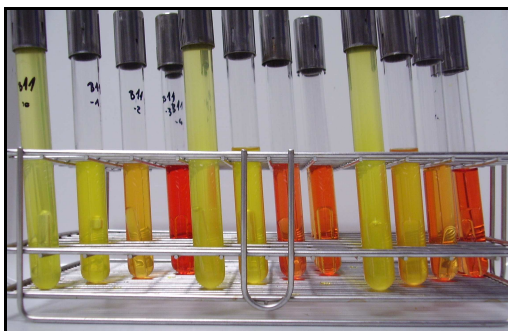
## PRILOGA G

### MPN ZA SKUPNE KOLIFORMNE

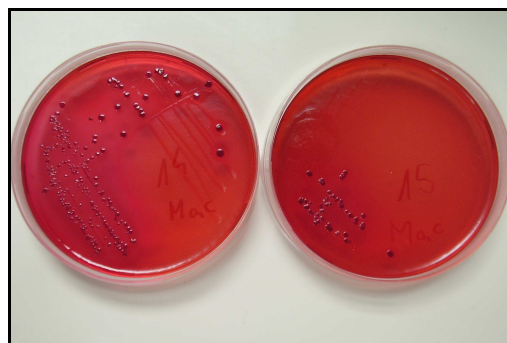
Prikaz koli titer metode s serijo treh in petih redčenj, za določevanje MPN za skupne koliformne. Prikaz dela ob plamenu s potrditvenim testom za fekalne koliformne v jesenskem terminu jemanja vzorcev.



**Slika G-1,2** Primeri koli titer metode, s serijo treh redčenj: To metodo smo uporabili za določanje MPN skupnih koliformnih, med jesenskim vzorčenjem povodja Lijaka. Na sliki sta vzorca L-5 in L-7. Prvi je dovolj natančen, medtem ko bi za drugi potrebovali dodatna redčenja. Takih rezultatov je bilo več, kar ni dovolj natančno za določanje točnega MPN, zato smo za Koli titer test Branice uporabili serijo petih redčenj.



**Slika G-3,4** Primeri Koli titer testa, s serijo petih redčenj: To metodo smo uporabili za določanje MPN skupnih koliformnih v vodah povodja Branice. Dobljeni rezultati so bili dovolj natančni za določanje MPN ( na sliki vzorca B-11 in B-17).

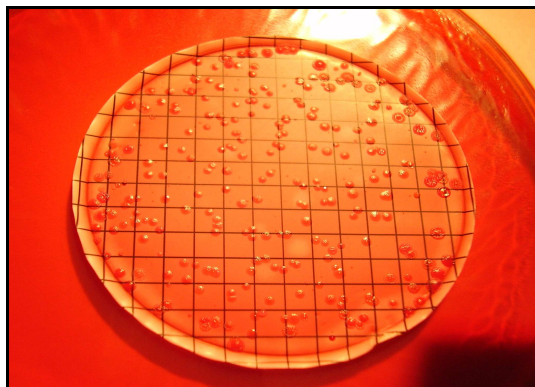
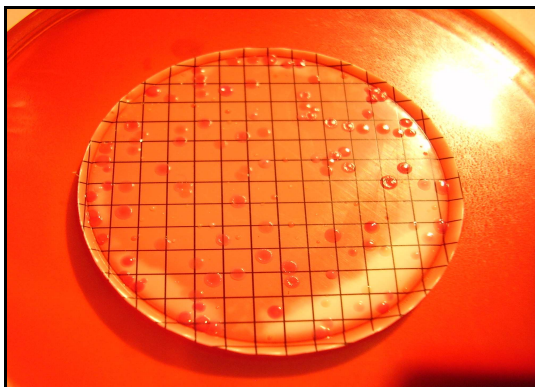


**Slika G-5,6** Aseptična tehnika dela ob plamenu in potrditev prisotnosti fekalnih koliformnih: Na desni sliki se vidi potrditev fekalnih koliformnih za vzorca L-14 in L-15, na gojišču za enerobakterije, Mac Conkey.

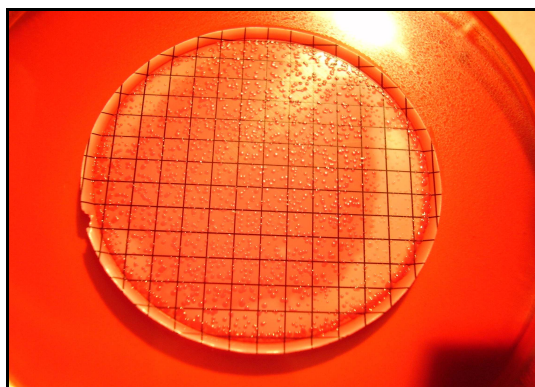
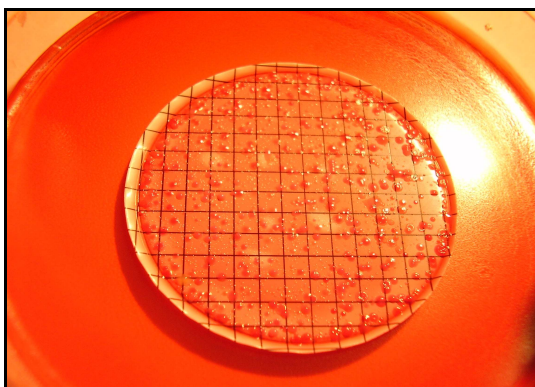
## PRILOGA H

### ŠTETJE FEKALNIH KOLIFORMNOV NA FILTRU

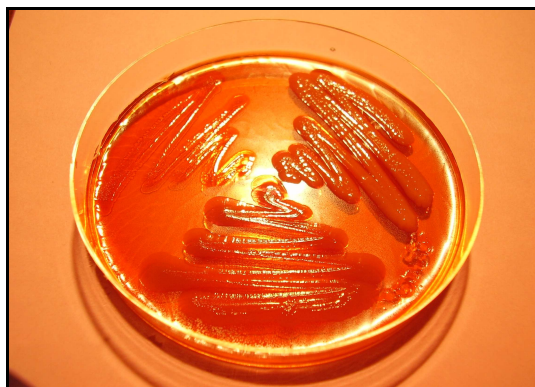
Števni filtri inkubirani 24 ur pri 44.5°C, na selektivnem gojišču za enterobakterije in potrditev različnih sevov fekalnih bakterij



**Slika H-1,2** Štetje kolonij fekalnih koliformnov na filtru MF. Na slikah sta vzorca L-3 in L-8, s katerih je možno odčitati točno število celic



**Slika H-3,4** Štetje fekalnih koliformnov na filtru MF. Na slika sta vzorca L-17 in L-21. Za oba vzorca velja, da je celic preveč za točno štetje (TNTC)



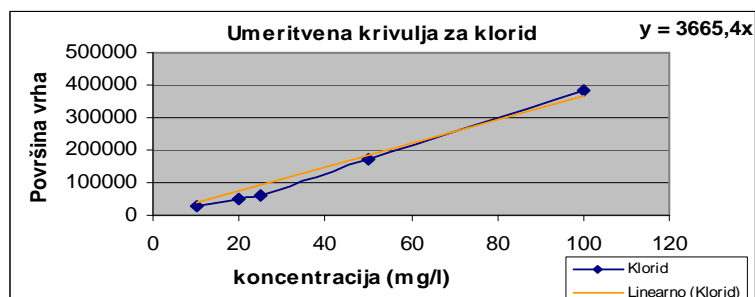
**Slika H-5,6** Potrditev različnih sevov fekalnih koliformnov. Na slikah sta vzorca L-3 in L-8. Razvidne so tri različne kolonije po barvi in obliki.

## PRILOGA I

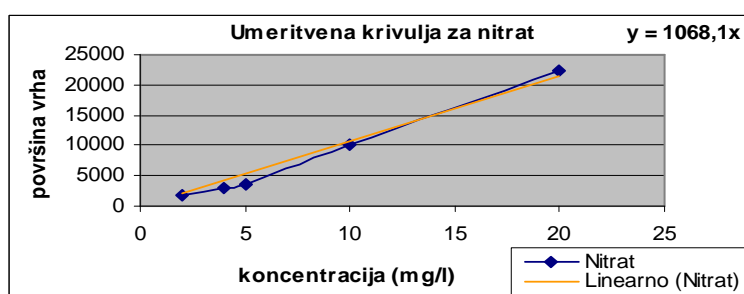
### UMERITVENE KRIVULJE ZA ANALIZO

Preglednice s podatki za koncentracije standardnih raztopin in slike umeritvenih krivulj za analizirane ione: klorid, nitrat, fosfat in sulfat.

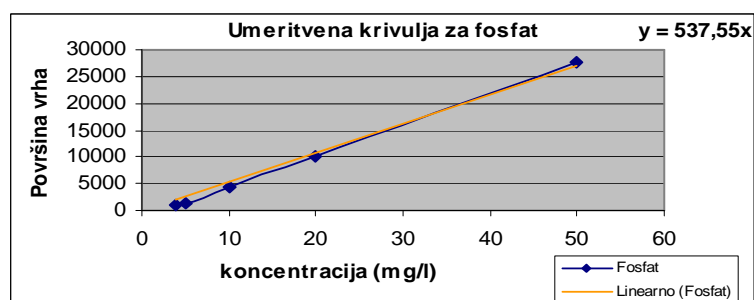
Cl <sup>-</sup> (mg/L)	Površina pika
5	12602
10	29719
20	49743
25	62083
50	171568
100	385185



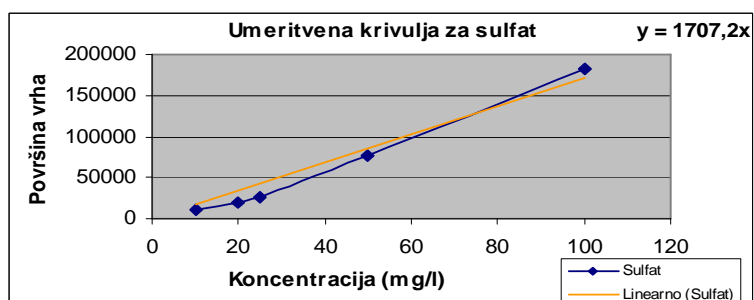
NO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	Površina pika
1	797
2	1685
4	2888
5	3587
10	9987
20	22470



PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	Površina pika
2	573
4	1021
5	1376
10	4244
20	10179
50	27554



SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	Površina pika
5	5374
10	11435
20	20561
25	26248
50	76445
100	182563



## PRILOGA J

### KONCENTRACIJE ANIONOV MED JESENSKIM VZORČENJEM

Vzorci voda iz vodotokov na območju povodij Lijaka in Branice.

LIJAK 28. 11.06	KLORID		NITRAT		SULFAT	
	Površina vrha	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	Površina vrha	NO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	Površina vrha	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)
L-1	31398	8,57	11753	11,00	35833	20,99
L-2	38203	10,42	9441	8,84	33379	19,55
L-3	18035	4,92	6252	5,85	29784	17,45
L-4	22153	6,04	12674	11,87	65467	38,35
L-5	14678	4,00			13335	7,81
L-6	16079	4,39			18279	10,71
L-7	46302	12,63	10310	9,65	20109	11,78
L-8	34300	9,36	10048	9,41	38852	22,76
L-9	43539	11,88	15415	14,43	49406	28,94
L-10	114546	31,25	2393	2,24	55453	32,48
L-11	54910	14,98			38367	22,47
L-12	47513	12,96	12476	11,68	38672	22,65
L-13	41734	11,39			39861	23,35
L-14	43185	11,78	6168	5,77	30616	17,93
L-15	21182	5,78	6477	6,06	12550	7,35
L-16	83368	22,74	37626	35,23	95624	56,01
L-17	57375	15,65	16688	15,62	74624	43,71
L-18	47209	12,88	7913	7,41	41641	24,39
L-19	52613	14,35	23972	22,44	77357	45,31
L-20	59149	16,14	16857	15,78	90557	53,04
L-21	129949	35,45	9784	9,16	27441	16,07
L-22	13347	3,64	4235	3,96	54694	32,04
L-23	39298	10,72	5918	5,54	27173	15,92
L-24	53704	14,65	1066	1,00	32518	19,05
L-25	64526	17,60	8040	7,53	79557	46,60
L-26	441854	120,55	10200	9,55	37306	21,85
L-27	310337	84,67	2392	2,24	22456	13,15
BRANICA 05. 12. 06	Površina vrha	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	Površina vrha	NO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	Površina vrha	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)
B1	21203	5,78	4236	3,97	28754	16,84
B2	77885	21,25	18876	17,67	64329	37,68
B3	67024	18,29	11717	10,97	60721	35,57
B4	24126	6,58	15617	14,62	58391	34,20
B5	29338	8,00	9397	8,80	34478	20,20
B6	32646	8,91	11938	11,18	56568	33,13
B7	98219	26,80			79164	46,37
B8	33068	9,02	13476	12,62	54066	31,67
B9	150801	41,14	8359	7,83	44947	26,33
B10	32121	8,76	9636	9,02	46353	27,15
B11	21723	5,93	1083	1,01	34258	20,07
B12	33823	9,23	14570	13,64	45334	26,55
B13	24877	6,79	6119	5,73	29830	17,47
B14	19389	5,29	8367	7,83	19871	11,64
B15	20735	5,66	4487	4,20	23624	13,84
B16	23248	6,34	9295	8,70	25300	14,82
B17	28115	7,67	9375	8,78	31974	18,73

## PRILOGA K

### KONCENTRACIJE ANIONOV MED POMLADNIM VZORČENJEM

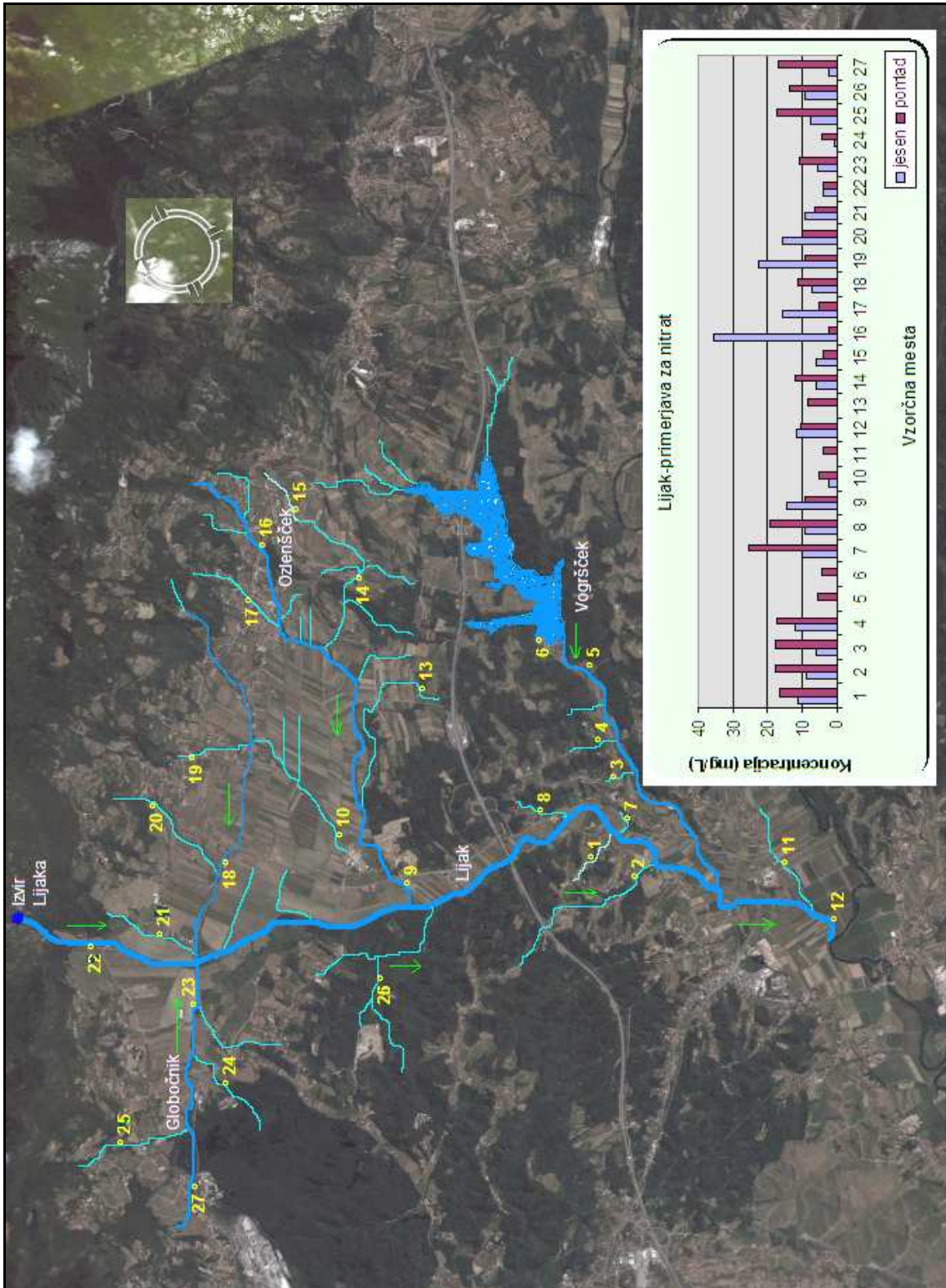
Vzorci voda iz vodotokov na območju povodij Lijaka in Branice.

LIJAK 21. 03. 07	KLORID		NITRAT		SULFAT	
	Površina vrha	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	Površina vrha	NO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	Površina vrha	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)
L-1	12512	3,41	17576	16,46	25364	14,86
L-2	17420	4,75	19054	17,84	22802	13,36
L-3	9520	2,60	19154	17,93	22060	12,92
L-4	12640	3,45	18798	17,60	22142	12,97
L-5	13344	3,64	5784	5,42	26542	15,55
L-6	13276	3,62	4348	4,07	17606	10,31
L-7	42354	11,56	27398	25,65	35058	20,54
L-8	13676	3,73	20454	19,15	26762	15,68
L-9	12942	3,53	9784	9,16	32118	18,81
L-10	42998	11,73	5258	4,92	25422	14,89
L-11	27183	7,42	4096	3,83	19157	11,22
L-12	12871	3,51	10943	10,25	21293	12,47
L-13	9406	2,57	9284	8,69	15150	8,87
L-14	21310	5,81	12596	11,79	31604	18,51
L-15	9392	2,56	3918	3,67	80244	47,00
L-16	10164	2,77	2254	2,11	28328	16,59
L-17	11216	3,06	5406	5,06	44686	26,18
L-18	14740	4,02	11698	10,95	21584	12,64
L-19	15168	4,14	10072	9,43	41490	24,30
L-20	22786	6,22	10566	9,89	38498	22,55
L-21	23010	6,28	6682	6,26	72748	42,61
L-22	10418	2,84	4178	3,91	49854	29,20
L-23	18386	5,02	11276	10,56	37902	22,20
L-24	12724	3,47	4590	4,30	25292	14,81
L-25	20910	5,70	18632	17,44	29980	17,56
L-26	31376	8,56	14426	13,51	17208	10,08
L-27	18868	5,15	18366	17,20	36584	21,43
BRANICA 20. 03. 07	Površina vrha	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	Površina vrha	NO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	Površina vrha	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)
B1	12295	3,35	16613	15,55	16379	9,59
B2	16380	4,47	21934	20,54	56641	33,18
B3	17651	4,82	22597	21,16	34284	20,08
B4	11246	3,07	16287	15,25	44158	25,87
B5	11973	3,27	15204	14,23	21926	12,84
B6	14675	4,00	19719	18,46	39309	23,03
B7	25739	7,02	34811	32,59	52927	31,00
B8	20220	5,52	25875	24,23	38231	22,39
B9	24715	6,74	17416	16,31	24802	14,53
B10	11503	3,14	16950	15,87	22476	13,17
B11	9020	2,46	18669	17,48	16550	9,69
B12	9939	2,71	18695	17,50	25093	14,70
B13	12341	3,37	12316	11,53	20367	11,93
B14	10893	2,97	15413	14,43	20551	12,04
B15	10997	3,00	15380	14,40	20089	11,77
B16	12194	3,33	15534	14,54	19481	11,41
B17	14415	3,93	17320	16,22	40019	23,44

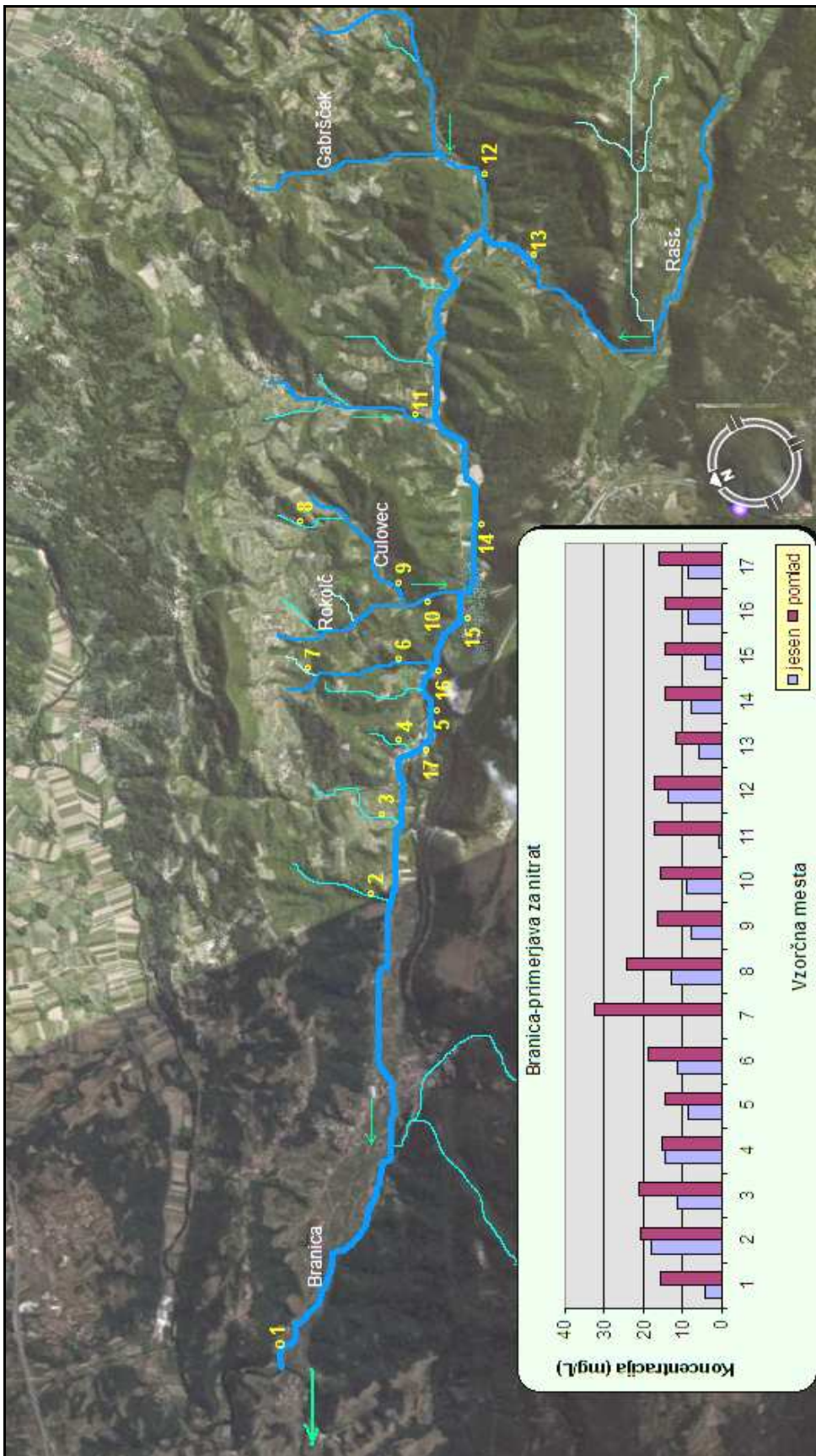


## PRILOGA L

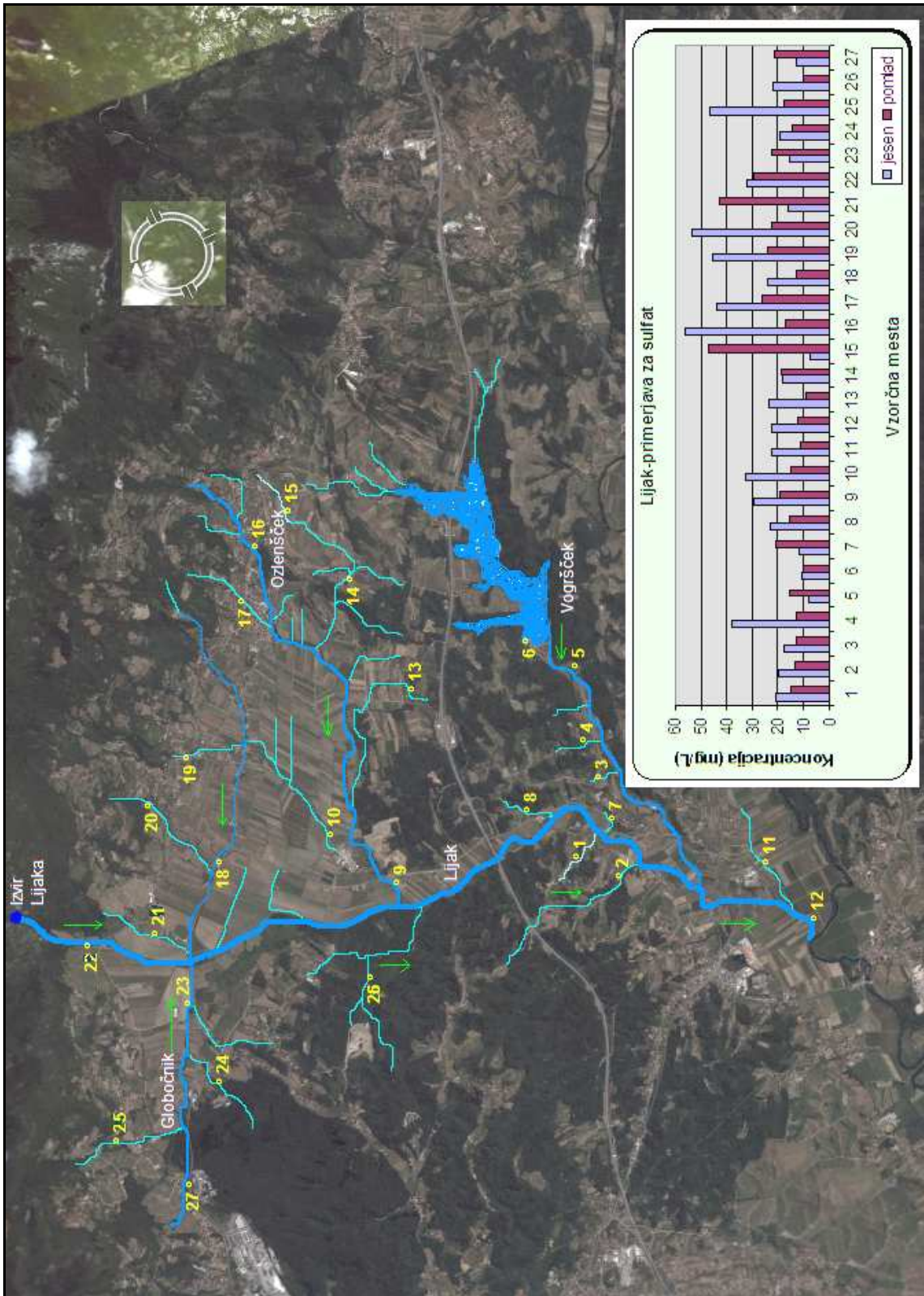
### PREGLED ONESNAŽEVAL PO VZORČNIH MESTIH



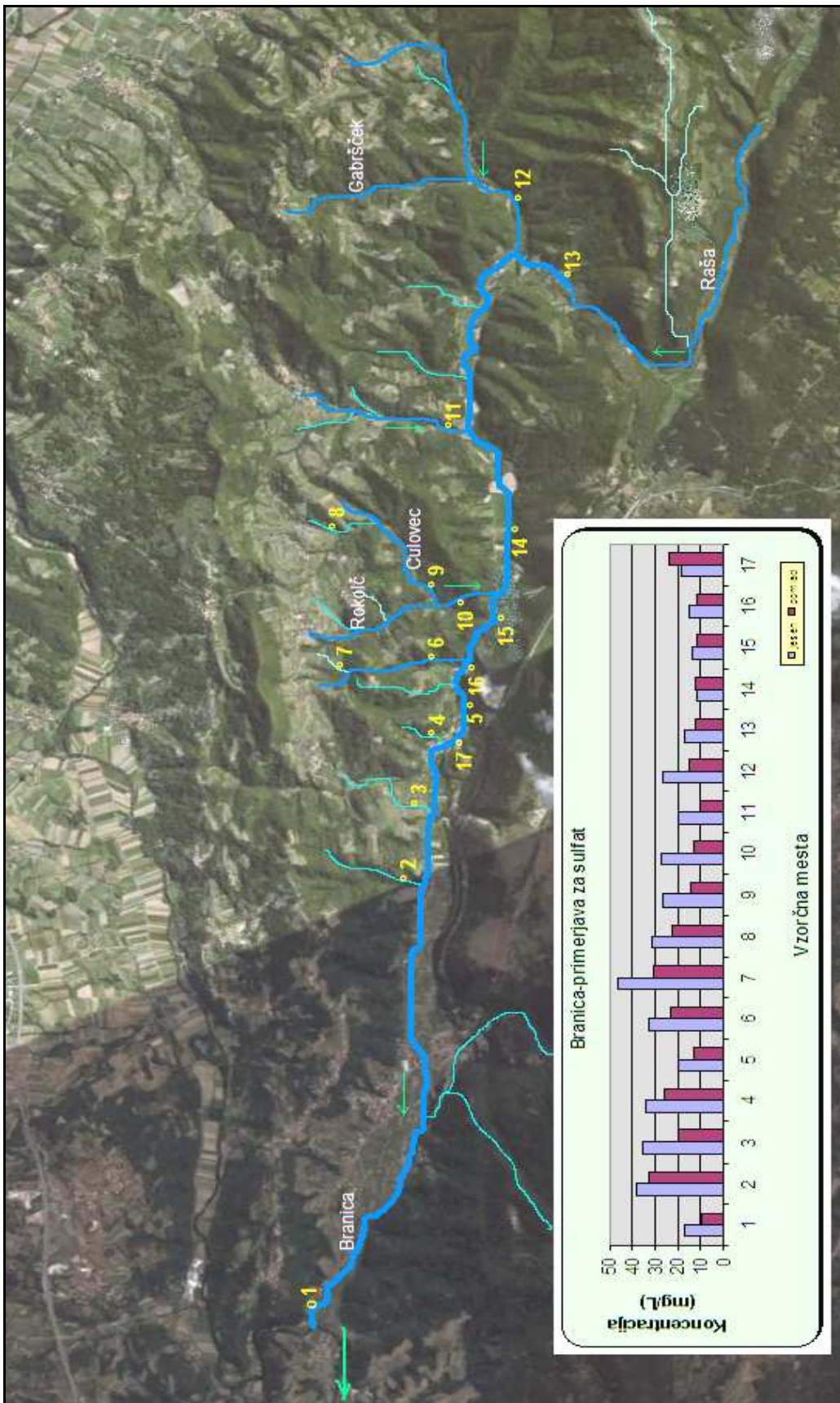
**Slika L-1** Koncentracija nitrata po vzorčnih mestih na območju povodja Lijaka  
(vir: Google Earth in avtor)



**Slika L-2** Koncentracije nitrata po vzorčnih mestih na območju povodja reke Branice (vir: Google Earth in avtor)



**Slika L-3** Koncentracija sulfata po vzorčnih mestih na območju povodja Ljaka (vir: Google Earth in avtor)



**Slika L-4** Koncentracije sulfata po vzorčnih mestih na območju povodja reke Branice (vir: Google Earth in avtor)

## PRILOGA M

### INVESTICIJA V SBR ČISTILNO NAPRAVO

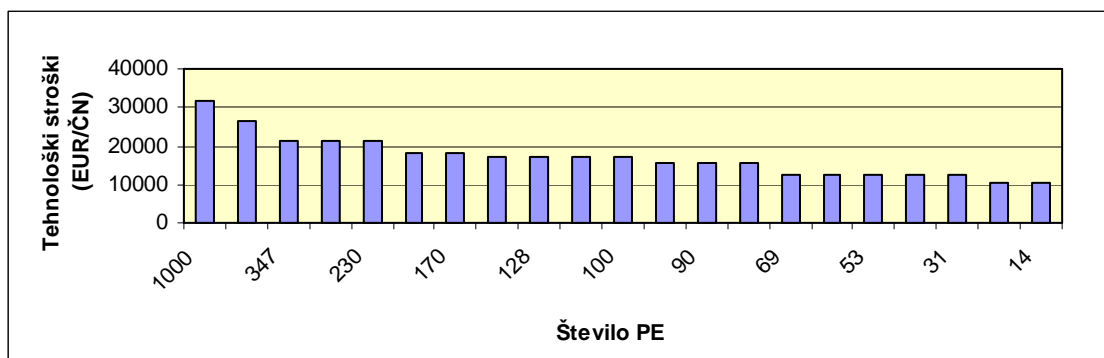
Pregled vseh stroškovnih postavk za naselja na povodjih Lijaka in Branice.

**Preglednica M-1** Investicijski stroški v SBR čistilne naprave za območje Lijaka

Naselje	PE	Cena ČN (€)	Bet. Korito (€)	tehnol. stroški (€)	priprava, montaža (€)	Skupaj (€)	€/pe / leto (€)
Vogrsko center	347	28.000	12.970	13.000	13.500	67.470	7,8
Loke	283	28.000	12.970	12.000	13.500	66.470	9,4
Ajševica	230	23.000	10.230	12.000	13.500	58.730	10,2
Vogrsko M.Dunaj	170	17.200	7.200	11.000	9.950	45.350	10,7
Šmihel Livešče	128	17.200	6.750	10.000	9.950	43.900	13,7
Vitovlje vrh	69	11.300	3.750	8.000	6.450	29.500	17,0
Visoko	56	11.300	3.750	8.000	6.450	29.500	21,1
Jazbine	53	11.300	3.750	8.000	6.450	29.500	22,3

**Preglednica M-2** Investicijski stroški v SBR čistilne naprave na območju Branice

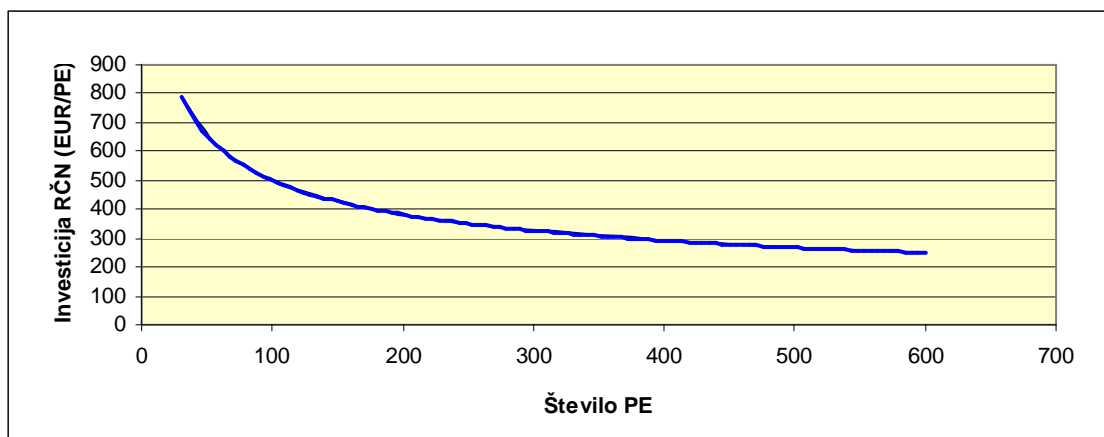
Naselje	PE	Cena ČN (€)	Bet. korito (€)	tehnol. stroški (€)	priprava, montaža (€)	Skupaj (€)	€/PE / leto (€)
Branik	1.000	65.800	33.670	19.000	22.800	141.270	5,7
Preserje	457	37.000	17.900	15.000	16.700	86.600	7,6
Šmarje	175	17.200	7.200	11.000	9.950	45.350	10,4
Gabrje	151	17.200	7.200	10.000	9.950	44.350	11,7
Sp.Branica	115	15.400	5.700	10.000	9.950	41.050	14,3
Saksid	100	13.300	5.340	10.000	9.595	38.235	15,3
Vrtovče	93	13.300	5.340	9.000	8.595	36.235	15,5
Zavino	90	13.300	5.340	9.000	8.595	36.235	16,1
Čehovini, Koboli, Večkoti	89	13.300	5.340	9.000	8.595	36.235	16,3
Kodreti	38	5.790	5.340	8.000	5.625	24.775	26,1
Steske	31	5.790	5.200	8.000	5.625	24.615	31,8
Dolanci	18	4.040	3.120	7.000	4.315	18.475	41,1
Trebižani	14	3.500	2.600	7.000	4.250	17.350	49,6



**Slika 4.5** Ocena tehnoloških in montažnih stroškov za izvedbo SBR (vir: ATM in avtor)

## PRILOGA N

### INVESTICIJA V RASTLINSKO ČISTILNO NAPRAVO



**Slika N-1** Gibanje investicijskih stroškov izgradnje RČN, glede na velikost naselja

**Preglednica N-1** Investicijski stroški za izgradnjo RČN v naseljih na območju Lijaka

Naselje	Prebivalci PE	Površina RČN (m <sup>2</sup> )	Vrednost investicije (€)	Stroški na prebivalca (€/PE/leto)
Vogrsko center	347	774	107.098	12,3
Loke	283	660	94.523	13,4
Ajševica	230	565	83.247	14,5
Vogrsko M.Dunaj	170	457	69.175	16,3
Livešče	128	382	58.137	18,2
Vitovlje vrh	69	277	39.816	23,1
Visoko	56	253	35.036	25,0
Jazbine	53	248	33.874	25,6

**Preglednica N-2** Investicijski stroški za izgradnjo RČN v naseljih na območju Branice

Naselje	Prebivalci PE	Površina RČN (m <sup>2</sup> )	Vrednost investicije (€)	Stroški na prebivalca (€)
Branik	1000	1943	204.821	8,2
Preserje	457	971	126.777	11,1
Šmarje	175	466	70.414	16,1
Gabrje	151	423	64.330	17,0
Sp. Branica	115	359	54.445	18,9
Saksid	100	332	49.978	19,9
Vrtovče	93	319	47.804	20,5
Zavino	90	314	46.854	20,8
Čehovini, Koboli, Večkoti	89	312	46.534	20,9
Kodreti	38	221	27.628	29,1
Steske	31	208	24.388	31,5
Dolanci	18	185	17.481	38,8
Trebižani	14	178	14.986	42,8

## PRILOGA O

### OCENA INVESTICIJE V KANALIZACIJSKO OMREŽJE

Ocena vrednosti investicije za naselja na območjih povodij Lijaka in Branice, glede na predpostavljene dolžine vodov po sliki stanja na terenu.

**Preglednica O-1** Vrednost investicije v kanalizacijo, za naselja na območju Lijaka. Poleg naselij, opredeljenih v OP KOV, sta dodani še dve manjši naselji. Razvidni so zelo veliki stroški urejanja kanalizacijskega omrežja za tako mala naselja.

Naselje	Število hišnih priključkov	Hišni priključki (€)	Dolžina glavnega voda (m)	Cena glavnega voda (€)	Vrednost skupaj (€)	Cena priključka (€)	Stroški na prebivalca (€/PE/leto)
Vogrsko center	120	259.200	900	252.000	511.200	4.260	36,8
Loke	94	203.040	1000	280.000	483.040	5.139	42,7
Ajševica	77	166.320	900	252.000	418.320	5.433	45,5
Vogrsko M.Dunaj	59	127.440	700	196.000	323.440	5.482	47,6
Livešče	43	92.880	500	140.000	232.880	5.416	45,6
Vitovlje vrh	23	49.680	300	84.000	133.680	5.812	48,4
Visoko	19	38.880	300	84.000	122.880	6.467	54,9
Jazbine	18	41.040	400	112.000	153.040	8.502	72,2
Mandrija	14	30.240	500	140.000	170.240	12.160	96,7
Okroglica	3	6.480	100	28.000	34.480	11.493	86,2

**Preglednica O-2** Vrednost investicije v kanalizacijo, za naselja na območju Branice

Naselje	Število hišnih priključkov	Hišni priključki (€)	Dolžina glavnega voda (m)	Cena glavnega voda (€)	Vrednost skupaj (€)	Cena priključka (€)	Stroški na prebivalca (€/PE/leto)
Branik	322	695.520	1.700	476.000	1.171.520	3.638	29,3
Preserje	144	311.040	1.000	280.000	591.040	4.104	32,3
Šmarje	54	116.640	400	112.000	223.640	4.234	31,9
Gabrje	50	108.000	400	112.000	220.000	4.400	36,4
Sp.Branica	33	66.960	600	168.000	234.960	7.120	51,1
Saksid	32	64.800	500	140.000	204.800	6.400	51,2
Vrtovče	31	64.800	400	112.000	176.800	5.703	47,5
Zavino	31	62.640	300	84.000	146.540	4.727	40,7
Čehovini, Koboli, Večkoti	30	64.800	600	168.000	232.800	7.760	65,4
Kodreti	14	30.240	200	56.000	86.240	6.160	56,7
Steske	11	23.760	100	28.000	51.760	4.705	41,7
Dolanci	8	17.280	100	28.000	45.280	5.660	62,9
Trebižani	6	12.960	200	56.000	68.960	11.493	123,1

## PRILOGA P

### OCENA INVESTICIJE ZA ČISTILNI NAPRAVO ŠEMPAS-VITOVLJE

Izdelava ekonomske primerjalne investicije v intenzivno SBR čistilno napravo ali ekstenzivno RČN, po načinu razpršenega čiščenja komunalne odpadne vode. Izdelava ekonomske ocene za izgradnjo kanalizacije za vsako naselje iz aglomeracije

#### **Preglednica P-1** Investicijski stroški v SBR čistilne naprave, za naselja na območju aglomeracije Šempas-Vitovlje

Naselje	PE	Cena ČN (€)	Bet. korito (€)	Tehno. stroški (€)	Priprava, montaža (€)	Skupaj (€)	€/PE / leto (€)
Šempas	1.066	70.000	35.970	20.000	23.250	149.220	5,6
Ozeljan	778	55.500	28.030	18.000	18.800	120.330	6,2
Vitovlje, del	433	37.000	17.900	15.000	16.700	86.600	8,0
Osek	342	28.000	13.000	13.000	13.500	67.500	7,9
Šmihel, del	138	17.200	6.750	10.000	9.950	43.900	12,7
Skupaj	2.757	207.700	101.650	76.000	82.200	467.550	6,8

#### **Preglednica P-2** Investicijski stroški za izgradnjo RČN, za naselja na območju aglomeracije Šempas-Vitovlje

Naselje	Prebivalci PE	Površina RČN (m <sup>2</sup> )	Vrednost investicije (€)	Stroški na prebivalca (€/PE / leto)
Šempas	1066	2.061	212.999	8,0
Ozeljan	778	1.546	175.625	9,0
Vitovlje, del	433	928	122.656	11,3
Osek	342	766	106.150	12,4
Šmihel, del	138	400	60.878	17,6
Skupaj	2757	5.701	678.308	9,8

#### **Preglednica P-3** Vrednost investicije v izgradnjo kanalizacijskega sistema, za naselja na območju aglomeracije Šempas-Vitovlje

Naselje	Število hišnih priključkov	Hišni priključki (€)	Dolžina glavnega voda (m)	Cena glavnega voda (€)	Vrednost skupaj (€)	Cena priključka (€)	Stroški na prebivalca (€/PE/leto)
Šempas	355	766.800	1.400	392.000	1.158.800	3264	43,5
Ozeljan	261	563.760	1.800	504.000	1.067.760	4091	54,9
Vitovlje, del	144	311.040	800	224.000	535.040	3716	49,4
Osek	120	259.200	900	252.000	511.200	4260	59,8
Šmihel, del	46	99.360	600	168.000	267.360	5812	77,5
Skupaj	926	2.000.160	5.900	1.652.000	3.652.160	3944	53,0



## SEZNAM OZNAK IN KRAJŠAV

ARSO	agencija Republike Slovenije za okolje
BDP	bruto družbeni proizvod
BPK <sub>5</sub>	biološka potreba po kisiku, [mg / L]
ČN	čistilna naprava
DDV	davek na dodano vrednost
dH <sub>2</sub> O	deionizirana voda
DNK	deoksiribonukleinska kislina
ES	Evropska Skupnost
ESRR	Evropski sklad za regionalni razvoj
FVG	Friuli, Venezia, Giulia – pokrajina v Italiji, ob meji s Slovenijo
IC	ionska kromatografija
KPK	kemijska potreba po kisiku, [mg / L]
MF	Membrane Filter – membranski filter
MLE	modificirani Ludzack Ettinger sistem
MONG	mestna občina Nova Gorica
MO	mikroorganizem
MOP	Ministrstvo za okolje in prostor
MPN	Most Probable Number – najbolj verjetno število
OP	operativni program
pH	negativni desetiški logaritem koncentracije H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> ionov
PE	populacijski ekvivalent
RBK	rotirajoči biološki kontaktorji
RČN	rastlinska čistilna naprava
RNK	ribonukleinska kislina
RS	Republika Slovenija
SBR	Sequencing Batch Reactor – saržni biološki reaktor
SVLR	Služba vlade Republike Slovenije za lokalno samoupravo in regionalno politiko
TNTC	Too numerous to count – preveliko število za točno štetje
UWWTD	Urban wastewater treatment directive - direktiva o čiščenju komunalne odpadne vode
WEF	Water Environment Federation – mednarodna agencija za vode
WFD	Water Framework Directive - Okvirna vodna direktiva, krovna direktiva na področju varstva voda v ES
ZZV	zavod za zdravstveno varstvo