



1872

Biotehniška šola Maribor

2000 MARIBOR, Vrbanska cesta 30

PROJEKTNA – RAZISKOVALNA NALOGA

EKOLOŠKE ANALIZE IN MONITORING TEKOČIH
VODA – FITOBENTOS (ALGE)

Srednje strokovno izobraževanje NARAVOVARSTVENI TEHNIK

Mentorica:
Tatjana Đurasović, prof.

Dijakinja:
Valerija Jurkovič

Maribor, april 2013
KAZALO VSEBINE

1 POVZETEK.....	7
2 UVOD.....	8
2.1 Namen in cilj naloge	8
2.2 Hipoteza	9
3 VODA.....	10
3.1 Voda na planetu	10
3.2 Kroženje vode	12
3.3 Čista voda postaja na Zemlji redkost.....	13
3.4 Vodo lahko onesnaži le človek	14
3.5 Gospodarjenje z vodo	15
4 ALGE.....	15
4.1 Ekologija alg	16
4.2 Prilagoditve alg za preživetje v ekstremnih ekoloških razmerah in tekmovanje z ostalimi živimi bitji	16
4.3 Alge v vodah	17
4.4 Perifiton (fitobentos).....	18
4.4.1 Fitobentosi kot indikatorji.....	18
4.5 Alge v tekočih vodah	19
4.6 Rast in razvoj alg	19
4.7 Onesnažena voda in alge.....	19
4.8 Sistematska razdelitev alg.....	20
4.8.1 Prvo deblo: evglenofiti (<i>Euglenophyta</i>).....	20
4.8.2 Drugo deblo: kriptofiti (<i>Cryptophyta</i>)	22
4.8.3 Tretjo deblo: ognjene alge (<i>Dinophyta = Dinoflagellata</i>).....	22
4.8.4 Četrto deblo: haptofiti (<i>Haptophyta</i>)	24
4.8.5 Peto deblo: rumene alge (<i>Xanthophyceae</i>)	24

4.8.6 Šesto deblo: rdeče alge (<i>Rhodophyta</i>)	26
4.8.7 Sedmo deblo: zelene alge (<i>Chlorophyta</i>).....	27
5 MONITORING.....	31
5.1 Kemijska analiza vode	31
5.2 Biološka metoda.....	32
5.2.1 Diverzitetni indeks.....	32
5.2.2 Biotski indeksi	32
6 VODOTOKI	34
6.1 Rečni sistem.....	36
6.2 Regulacija vodotoka.....	37
6.2.1 Primerjava značilnosti naravnih in fizično spremenjenih vodotokov.....	38
6.3 Blaguški potok	40
7. MATERIAL IN METODA DELA	43
7.1 Material.....	43
7.1.1 Biološka analiza.....	43
7.1.2 Kemijska analiza vode	44
7.2 Metoda dela.....	45
7.2.1 Biološka analiza.....	45
7.2.2 Kemijska analiza vode	51
8 REZULTATI	55
8.1 Biološka analiza	55
8.2 Kemična analiza vode	63
9. RAZPRAVA	64
9.1 Biološka analiza	65
9.2 Kemijska analiza.....	65
10 SKLEP	67
11 LITERATURA	68

12 PRILOGE.....	70
-----------------	----

KAZALO SLIK

Slika 1: Planet Zemlja.....	10
Slika 2: Razmerje med kopnim in morjem.	10
Slika 3: Veliko vode se uporabi za pitje.	11
Slika 4: Kroženje vode.....	12
Slika 5: Kroženje vode.....	13
Slika 6: V Sloveniji je vedno manj tako lepih in čistih območij.	14
Slika 7: <i>Cymbella</i> sp.	16
Slika 8: <i>Euglena</i> sp.	21
Slika 9: <i>Phacus</i> sp.	21
Slika 10: <i>Rhodomonas salina</i>	22
Slika 11: <i>Ceratium</i> sp.	23
Slika 12: <i>Peridinium</i> sp.....	23
Slika 13: <i>Gephyrocapsa oceanica</i>	24
Slika 14: <i>Vaucheria</i> sp.....	25
Slika 15: <i>Ophiocytium</i> sp.	25
Slika 16: <i>Tribonema</i> sp.	26
Slika 17: <i>Batrachospermum</i> sp.	27
Slika 18: <i>Chlamydomonas</i> sp.....	28
Slika 19: <i>Volvox</i> sp.	28
Slika 20: <i>Pediastrum</i> sp.	29
Slika 21: <i>Cosmarium</i> sp.	30
Slika 22: <i>Closterium</i> sp.....	30
Slika 23: EKO-kovček.....	31
Slika 24: Pokrajina z naravnimi vodotoki.....	35
Slika 25: Porečje sestavlja glavni vodotok in njegovi pritoki.	35
Slika 26: Vodotoki v Sloveniji.....	36
Slika 27: Rečni sistem.....	37
Slika 28: Primer regulacije vodotoka.....	38
Slika 29: Naravni vodotok.....	39
Slika 30: Fizično spremenjeni vodotok.....	40
Slika 31: Kjer se jezero zliva v potok.	41
Slika 32: Blaguško jezero.....	42
Slika 33: Mikroskop.....	43
Slika 34: Pripomočki za mikroskopiranje.....	44
Slika 35: Plastični lončki.....	44
Slika 36: 1. odvzemno mesto.....	45
Slika 37: 2. odvzemno mesto.....	46
Slika 38: 3. odvzemno mesto.....	47
Slika 39: Nabiranje materiala (kamni, rastline ...).....	48
Slika 40: Nabrani material sem dala v lončke.	49

Slika 41: Mikroskop, kapalka, objektno stekelce, krovno stekelce in vzorci	49
Slika 42: Pripravljeni preparati	50
Slika 43: Mikroskopiranje	50
Slika 44: Mikroskop s preparatom.....	51
Slika 45: Odvzem vode	52
Slika 46: Vzorci	52
Slika 47: EKO-kovček	53
Slika 48: Merjenje NO ₂	53
Slika 49: Določanje vrednosti amonijaka, nitritov in nitratov	54
Slika 50: Zemljevid odvzemnih mest	54
Slika 51: <i>Cymbella</i> sp.	60
Slika 52: <i>Cymbella</i> sp. in <i>Navicula</i> sp.	61
Slika 53: <i>Fragilaria</i> sp.....	61
Slika 54: <i>Navicula</i> sp.	61
Slika 55: <i>Pediastrum</i> sp.	62
Slika 56: Ključ za ugotavljanje kakovosti tekoče vode z biološko metodo – alge	73

KAZALO TABEL

Tabela 1: Saprobna stopnja.....	33
Tabela 2: Blaguški potok – 1. odvzemno mesto	55
Tabela 3: Blaguški potok – 2. odvzemno mesto	56
Tabela 4: Blaguški potok – 3. odvzemno mesto	58
Tabela 5: Blaguški potok – 1. odvzemno mesto	63
Tabela 6: Blaguški potok – 2. odvzemno mesto	63
Tabela 7: Blaguški potok – 3. odvzemno mesto	63

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Število najdenih alg na 1. odvzemnem mestu	56
Graf 2: Število najdenih alg na 2. odvzemnem mestu	58
Graf 3: Število najdenih alg na 3. odvzemnem mestu	60
Graf 4: Število najdenih alg	62

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici Tatjani Đurasović za pomoč pri izdelavi projektne naloge. Od začetka do konca me je spodbujala in mi dajala nasvete. Zelo sem ji hvaležna tudi za čas, ki si ga je vzela zame. Zahvaljujem se lektorici Ani Jurkovič.

1 POVZETEK

V projektni nalogi je predstavljena biološka metoda določanja kakovosti tekočih voda s pomočjo zastopanosti alg. To metodo sem na terenu uporabila skupaj s kemijsko analizo vode in tako sem dobila kompleksnejše rezultate o stanju potoka. Izbrala sem si tri odvzemna mesta. Prvo odvzemno mesto je pri Blaguškem jezeru, kjer se voda izliva v potok. To mesto bom analizirala zato, ker bi rada ugotovila, kakšna voda se izliva v potok oziroma, ali je Blaguško jezero onesnaženo. Drugo odvzemno mesto je, kjer potok teče med njivami in travniki, ter tretjo odvzemno mesto je, kjer potok teče po gozdu. Biološko metodo sem določala s pomočjo slikovnega ključa za prepoznavanje sladkovodnih vrst alg in ključa za določevanje kakovosti tekočih voda s pomočjo alg, kemijsko analizo pa sem opravljala z EKO-kovčkom.

2 UVOD

Slovenija je uvrščena med vodno najbogatejše države Evrope. Najdragocenejši vir in največje naravno bogastvo so celinske vode, saj so nujno potrebne za obstoj življenja in preživetja. Glavni viri pitne vode so v Sloveniji podzemne vode. Vodni viri so temelj naše civilizacije, saj jih izkoriščamo v različne namene in aktivnosti. Čeprav je Slovenija bogata z vodo, je zaradi nesmotrne porabe vode in prekomernega onesnaženja prišlo do njenega pomanjkanja. Čiste reke so postale onesnaženi vodotoki in tudi prekomerna potrošnja vode povzroča vse hujše težave. Danes naše reke pogosto služijo kot brezplačni kanali za odpadne vode in odpadke. Zaradi vsega tega pa je voda postala dragocena. Ljudje vode ne uporabljamo samo za pitje in preživetje, ampak tudi za pripravo hrane, higieno, v proizvodnih postopkih ter za rekreacijo in zabavo. Pri tem se voda onesnaži oziroma umaže. Tako onesnažena voda odteče skozi odtok v kanalizacijo. Še pred nedavnim in tudi danes je ponekod kanalizacija speljana v reke, potoke in morje. Ko še onesnaženje ni bilo preveliko, so ga različni organizmi (bakterije, alge ...) zadostno presnovili in temu pravimo samočistilna sposobnost vod. Vendar pa se je onesnaženje z leti povečalo, tako da narava ni mogla prečistiti vsega. Začeli smo se zavedati, da voda, ki jo izkoriščamo, ni neizčrpna.

2.1 Namen in cilj naloge

Za vsakega naravovarstvenega tehnika je pomembno, da je narava čim bolj čista in čim manj obremenjena. Čista voda ni pomembna samo za človeka, ampak tudi za živali in rastline, saj se z onesnaževanjem zmanjšuje biodiverziteteta. Na žalost so naše reke, potoki, morja in oceani zbiralniki odpadkov in odpadnih vod. Ne velja več to, da so oceani brezmejni. Ljudje se ne zavedajo, da lahko snovi, ki jih spustijo v oceane, zaidejo v organizme in se vrnejo k nam kot morska hrana. Vso to onesnaženje kroži in dotakne se tudi nas ljudi. Z onesnaženjem pa se spreminja tudi narava, saj je že zelo malo takih predelov, ki jih človek ni uničil. Imamo zelo lepo naravo, česar pa se na žalost ljudje ne zavedajo, ko se pa bodo, bo že prepozno. Pitne vode bo vedno manj, kot tudi neokrnjene narave.

Namen in cilj naloge je, da opravi vse meritve. Kemično analizo in biološko metodo sem na odvzemnih mestih opravljala vsaki drugi mesec. Kemično analizo sem določala z EKO-

kovčkom, biološko metodo pa s pomočjo ključa za določevanja alg. Cilj je, da ugotovim stopnjo onesnaženosti potoka.

2.2 Hipoteza

Predvidevam, da je potok onesnažen. To sklepam po tem, da na tem območju še ni urejena kanalizacija in se še vse zliva vanj in prav tako v jezero. Potok pa teče tudi med njivami in travnike, kjer se gnoji.

3 VODA

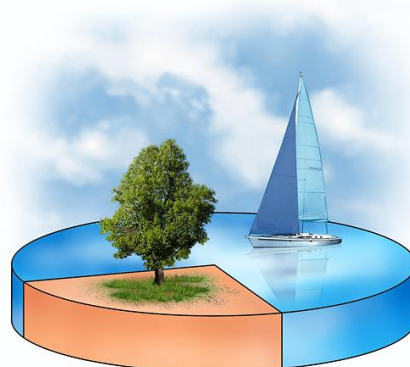
3.1 Voda na planetu

Voda je pomemben naravni vir. Od razporeditve in količine vode je odvisna kakovost življenja in prav zaradi tega moramo poskrbeti za boljši odnos do vode. Največ vode je v morju, ki je slana, in za nas neuporabna. Sladke vode je le za slabih 3 %, vendar je del te vode vezane v led. Na kopnem je le 0,63 % vode.



Slika 1: Planet Zemlja

(Vir: http://www.123rf.com/photo_5517167_planet-earth-isolated.html)



Slika 2: Razmerje med kopnim in morjem.

(Vir: http://www.grubelnik.com/galerija/02_ilustracije/007/007.htm)

Voda na Zemlji je stara približno 3 milijarde let. Znanstveniki domnevajo, da je bila Zemlja pred 4 milijardami let kroglja tekoče magme. Magma se je na površju začela ohlajati. V ozračje so iz vulkanov začeli uhajati plini in vodna para. Ko je svetloba začela prodirati skozi razkrajajoče se oblake, je fotosinteza omogočila preživetje nastajajočim celicam. Te so se razvile iz kompleksnejših organskih molekul, ki so nastale v tako imenovani prazgodovinski juhi. Celice so oddajale kisik, ki je reaktiven plin, ta pa je razbil ostale škodljive pline. Iz kisika je nastal ozon, ki je filtriral ultravijolično sevanje. Ker za ohranitev življenja ni bil več potreben varovalni vodni ščit, je življenje stopilo na trdna tla. Na kopnem so se najprej razširile rastline, nato pa še prve dvoživke oz. plazilci in žuželke. Prva voda je torej nastala iz ohlajenih plinov, to je bila spojina vodika in kisika. Iz teh hlapov je nastalo na površini Zemlje prvo plitvo morje. V vodi se je začelo in ohranilo življenje na Zemlji (Vovk Korže, Vrhovške, 2008, str. 19).

Zemljo pogosto imenujemo kar Modri planet, saj je kar 71 % njegove površine pokrite z vodo. Že v 6. stoletju pr. n. št. so naravoslovni filozofi iz stare Grčije trdili, da je voda prasnov in hkrati pradomovina vsega življenja. Življenje je nastalo v vodi in voda je sestavni del vsake rastlinske in živalske celice (Vovk Korže, Vrhovške, 2008, str. 20).

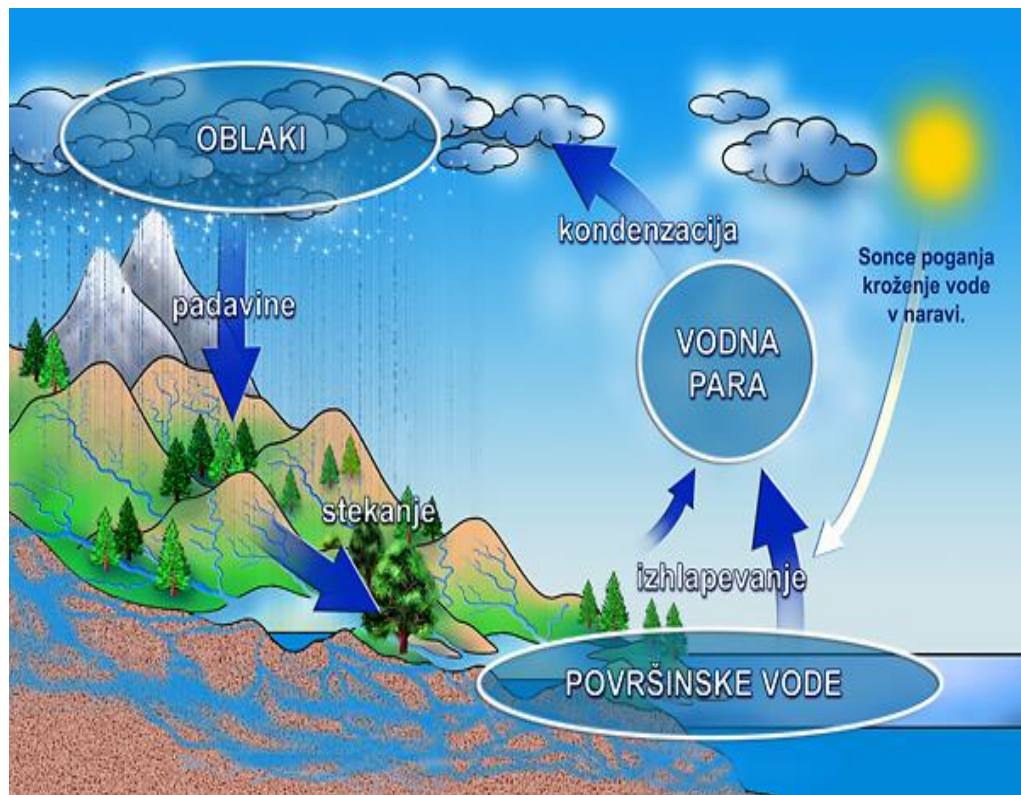


Slika 3: Veliko vode se uporabi za pitje.

(Vir: <http://voda.blogspot.si/>)

3.2 Kroženje vode

Vodna para pride v zrak z izhlapevanjem z vodnih površin in iz vlažnih tal, na kroženje vode pa pomembno vpliva tudi biosfera. Vodna para se dviga, saj je lažja od zraka. V višinah se vodna para zgosti v oblake in kot dež pade nazaj na Zemljo. Tu se začne voda zbirati v jezera, potoke, reke, v bolj hladnih predelih se nakopiči v led in v zemljo. Kroženje vode povzročata Sonce, ki vodo segreva, da izhlapi in se zbira v ozračju, in privlačna sila Zemlje, zaradi katere se voda vrača proti zemeljski površini. Na kroženje pa pomembno vpliva tudi gozd, saj rastline zadržujejo veliko količino vode na kopnem. Rastline preko korenin vodo sprejmejo v telo in tako preprečijo, da bi stekla v vodotoke ter nato v oceane. Tu se nekaj časa zadržuje, nato se skozi listne reže s procesom transpiracije postopoma sprosti v ozračje in s tem vzdržuje primerno vlažnost v atmosferi. Gozdovi s svojo funkcijo zadrževanja vode pripomorejo, da na kopnem vode ne primanjkuje, s tem pa se tudi preprečuje pojavljanje puščav. Poleg zadrževanja vode pa gozdovi vodo tudi čistijo.



Slika 4: Kroženje vode

(Vir: http://www.grubelnik.com/galerija/02_ilustracije/007/007.htm)

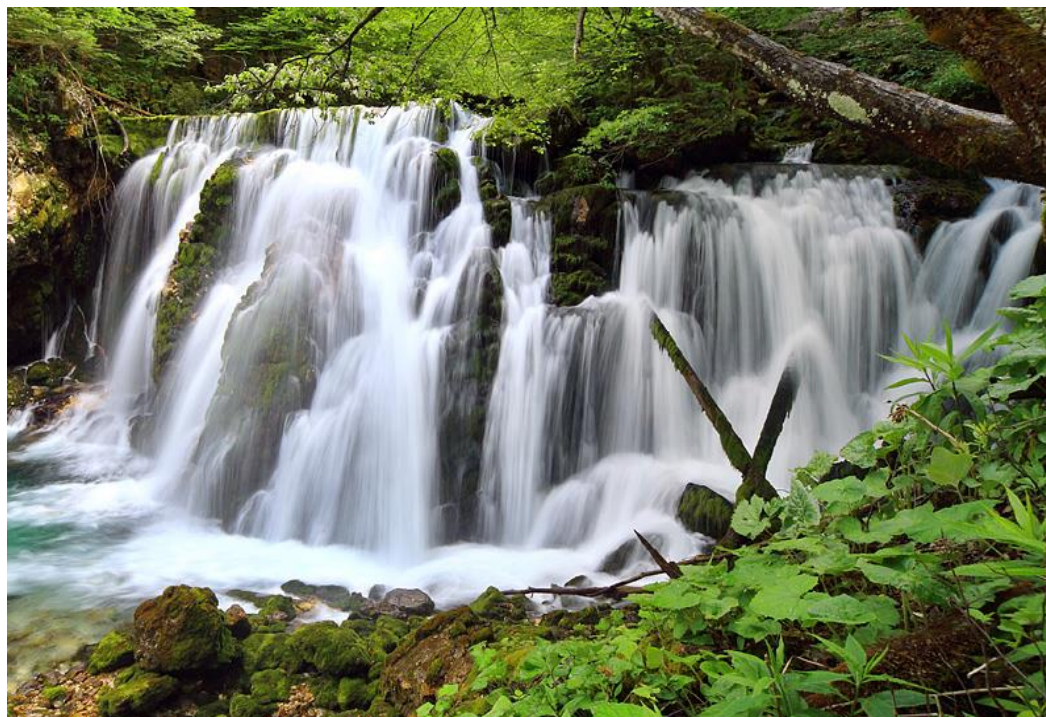


Slika 5: Kroženje vode

(Vir: <http://projekti.gimvic.org/2008/2a/voda/krozenjevode.html>)

3.3 Čista voda postaja na Zemlji redkost

Voda je brezbarvna, prozorna tekočina, brez vonja in okusa, pa vendar se vode med seboj razlikujejo. Kadar je v vodi veliko kemijskih, fizikalnih in bioloških dodatkov, rečemo, da je onesnažena. Voda se lahko očisti sama, a če je močno onesnažena, za to potrebuje veliko časa. Zato močno onesnažene vode speljemo v čistilne naprave, kjer se očistijo hitreje.



Slika 6: V Sloveniji je vedno manj tako lepih in čistih območij.

(Vir: <http://www.matejvranic.com/fotografija/slovenija/>)

3.4 Vodo lahko onesnaži le človek

Človek že stoletja uporablja vodo za odplakovanje odpadkov. O onesnaženi vodi govorimo, kadar človek v katero koli obliko čiste vode izpusti raztopljene, neraztopljene ali trde odpadke. Odpadki v vodo pridejo, kadar jo človek uporabi za eno izmed svojih dejavnosti, in tako vodo imenujemo odpadna voda. V odpadni vodi so snovi različne trdnosti, sestave, velikosti. Prav tako je odpadna voda tudi tista, ki je spremenila eno ali več svojih fizikalnih lastnosti, na primer temperaturo. Tako štejemo za odpadno vodo tudi hladilno vodo iz termoelektrarn. Največji onesnaževalci vode so industrija, obrt, gospodinjstva, naselja, poljedelstvo, živinoreja itd. Tudi večji kosovni odpadki navadno končajo v vodi, namesto na smetiščih. Večji odpadki so za vodo in življenje v njej običajno manj nevarni kakor raztopljene in neraztopljene snovi, estetsko pa vseeno moteči. Glede na učinek na okolje odpadne vode ločimo na razgradljive, nerazgradljive in strupene ter glede na trajanje onesnaženja ločimo enkratno, večkratno in trajno onesnaženje. Vsi problemi onesnaženja vode izhajajo iz velikega pomena vode za življenje na Zemlji. Organizmi lahko vodo uporabljajo le, če ni preveč onesnažena, zato je pomembno, kako z njo ravnamo.

Smrt zaradi onesnaževanja vode

Voda, ki je vir življenja, pomori vsako leto najmanj 25 milijonov ljudi, kar tri petine žrtev so otroci. Od glavnih bolezni, ki tarejo svet, se jih približno polovica prenaša prav z vodo. Povzročitelji bolezni se lahko v vodi razvijajo ali pa se z njo le prenašajo (Gaia, 1991, str. 120). Sicer so za zdaj prizadete najbolj nerazvite države, ampak če bomo tudi mi tako nevestno delali z vodo, se bo pri nas začelo dogajati enako. Bolezni, ki se prenašajo, so trahoma, malarija, koleri, tifus itd., najhujša med njimi pa je driska, ki povzroči največ smrti.

3.5 Gospodarjenje z vodo

Predvidene svetovne potrebe po vodi verjetno še dolgo ne bodo izčrpale potencialnih zalog. Toda voda je vsako leto pomembnejša, ker jo industrija in kmetijstvo vedno bolj potrebuje. Gospodarjenje z vodo je edina pot, da bi povečali kakovost in količino tega dolgoročnega vira. Pri gospodarjenju z vodo sta poglobitni dve dejavnosti: povečanje oskrbe z naložbami v jezove in drugi ukrepi za nadzor nad kroženjem vode. Voda je trajno obnovljivo naravno bogastvo, a se potreba po njej povečuje in jo bomo proti koncu stoletja potrebovali dva- do trikrat več kot leta 1980 (Gaia, 1991, str. 132).

4 ALGE

Z imenom alge, ki imajo izvor v latinski besedi *algea* 'morska trava', označujemo veliko skupino organizmov, ki vsebujejo klorofil, so sposobni fotosinteze in so značilni prebivalci vodnih ekosistemov ter vlažnih predelov. V vseh pogledih so alge najbolj raznolika skupina rastlinskih organizmov. Nekatere so ostale na stopnji razvoja, ki ga najdemo v fosilnih ostankih pred milijardami let. Druge pa so se med evolucijo močno specializirale, zato jih najdemo povsod (Vrhovšek, Kosi, Krivograd - Klemenčič, Smolar - Žvanut, 2006, str. 9). Alge se lahko naselijo na mesta, kjer drugi organizmi ne bi mogli živeti, zaradi nezahtevnih prehrabnih navad, enostavne zgradbe, hitre rasti, različnih spolnih in nespolnih načinov razmnoževanja ter sposobnosti prilagajanja na zelo ekstremne razmere. Alge najdemo povsod (na snegu, v termalnih vreclih, v jamah ...), večina alg pa živi v vodah.



Slika 7: *Cymbella* sp.

(Vir: <http://forum.mikroskopia.com/topic/333-cymbella-sp/>)

4.1 Ekologija alg

Alge se pojavljajo v vseh ekosistemih na Zemlji. Nekatere alge preživijo v zelo ekstremnih pogojih, kjer drugi organizmi ne preživijo. Ekološki dejavniki, ki so pomembni za vse avtotrofne organizme in prav tako za alge, so temperatura, svetlobna energija, pH, prisotnost kisika in hranilnih snovi. Na Zemlji je veliko območij, kjer eden ali več ekološki dejavnikov odstopa od optimalnih vrednosti (vrednost je lahko zelo nizka ali zelo visoka) in nekatere alge so sposobne preživeti v takšnih ekstremnih razmerah.

4.2 Prilagoditve alg za preživetje v ekstremnih ekoloških razmerah in tekmovanje z ostalimi živimi bitji

Mnoge alge vsebujejo poleg klorofila še druga fotosintetska barvila, ki omogočajo, da se s tem razširi spekter svetlobe tudi na tiste valovne dolžine, ki jih druge rastline ne morejo uporabiti. Veliko alg se prehranjuje z organskimi snovmi. Alge porabijo manj energije kot druge rastline, saj imajo malo celic, ki energijo samo porabljajo. Preživetje v ekstremnih razmerah jim omogoča tudi hitra rast in tvorba posebnih oblik (spore, ciste), s pomočjo katerih lahko dalj časa preživijo v neugodnih razmerah. Na občasna in stalna obdobja

neugodnih razmer so se prilagodile s tvorbo galertastega ovoja, debelo celično steno, sposobnostjo premikanja itd. nekatere cianobakterije so sposobne vezave zračnega dušika (dušik iz zraka se pretvori v amonijak). Nekatere alge pa so prilagojene tudi tako, da izločajo snovi, ki delujejo antibakterijsko, kar je zelo pomembno za preživetje v organsko onesnaženih vodah, kjer je veliko bakterij.

Alge imajo sposobnost same spreminjati fizikalne in kemijske razmere v vodi, kar je pomembno za njihovo preživetje, lahko pa je tudi usodno.

V stoječih vodah, kjer je velika količina lebdečih alg, se svetloba spremeni v toploto. Čim več je alg, tem toplejša je voda in obratno. Večje spremembe temperature pa so pogosto usodne za organizme, tudi za alge. Alge lahko tudi spremenijo pH vode. Pri fotosintezi porabljajo CO₂ iz vode in tako se pH vode zvišuje (bazično), pri dihanju pa izločajo CO₂ in pH vode se znižuje (kislo). Ob sončnem vremenu bo zaradi velikega števila alg okolje postalo bazično, medtem ko bo ponoči ali ob oblačnem vremenu zakisano. Kadar se alge preveč razrastejo, se zgodi, da nekaterih kemijskih elementov v vodi primanjkuje, saj jih alge vgradijo v svoje celice. Najprej se porabijo fosfati in podobno se zgodi z ostalimi hranilnimi snovmi. S porabo enega elementa se zgodi, da ostali organizmi ne morejo živeti v tem okolju.

4.3 Alge v vodah

Za vodna okolja je značilna velika pestrost alg. Kot sem že omenila, so pomembni dejavniki, ki vplivajo na rast alg, svetloba, temperatura, hranilne snovi in vodni tok.

Ločimo tri velike skupine alg z ozirom, kje živijo:

- alge, ki v vodnem okolju lebdiijo (fitoplankton),
- alge, ki so pritrjene na podlago (perifiton),
- alge, ki žive na dnu (fitobentos).

V tekočih vodah prevladujejo fitobentoške alge, ki jih najdemo na dnu, in na te bom dala tudi poudarek (Peroci, 2007, str. 11).

4.4 Perifiton (fitobentos)

Izraz fitobentos se je v preteklosti le redko uporabljal, v Vodni direktivi (Evropski parlament in svet 2000) pa se ta izraz uporablja za pritrjene alge. V preteklosti se je za tovrstne organizme najpogosteje uporabljal izraz perifiton. Po definiciji je perifiton mikrozdružba pritrjenih avtotrofnih in heterotrofnih organizmov na jezerskem ali rečnem dnu ali na drugih potopljenih podlagah. Wetzel (1983) je definiral perifiton kot kompleksno združbo mikrobiontov (alg, bakterij, gliv, živali, anorganskega in organskega detritusa), ki so pritrjeni na podlago. Podlaga je lahko organska ali anorganska, živa ali mrtva (Krivograd Klemenčič Balabanič, 2010, str. 6).

4.4.1 Fitobentosi kot indikatorji

Z vidika ekologije in onesnaženja okolja je fitobentos uporaben kazalec prizadetosti ekosistemov, vendar so kot indikatorji pogosto prezrti. Zaradi potreb po hranilnih snoveh in mesta v prehranjevalni verigi so alge indikatorji, ki nam dajejo edinstvene informacije o stanju vodnih ekosistemov. Alge reagirajo hitro in predvidljivo na spremembe vodne kakovosti, zato bi lahko bile zelo uporaben zgodnji signal sprememb razmer v vodah (Peroci, 2007, str. 13). V prisotnosti ali odsotnosti določenih vrst in njihovi količinski zastopanosti se namreč kaže obseg prizadetosti vodnega ekosistema. Stanje nekega vodnega telesa je dobro, ko je doseženo dobro kemijsko in zelo dobro ali dobro ekološko stanje.

V splošnem velja, da so ogroženi vsi oligotrofni sladkovodni ekosistemi, kajti z onesnaženjem in regulacijo le-teh se povečuje ogroženost alg. Z izginjanjem specifičnih ekosistemov bodo dokončno izginile vse alge, ki so značilne zanje. Te usodne spremembe nastopijo navadno pri regulaciji rek in potokov, ko pride do spremembe osnovnih ekoloških pogojev (substrat, vodni tok, svetloba), podobne posledice so opazne v onesnaženih vodotokih, v obeh primerih prihaja do zmanjšanja diverzitete alg (Peroci, 2007, str. 13).

V to skupino spadajo vse alge, ki so pritrjene na podlago. Glede na vrsto podlage jih delimo v podskupine:

- epilitske (na kamenju),
- epifitske (na rastlinah),

- epizoične (na živalih),
- epimetalne (na kovinah) itd.

Ker alge nimajo korenin, so na podlagi pritrjene s posebno prilagojenimi bazalnimi celicami, kjer se lahko vsa alga testo prilega na podlago. To je najbolj značilno za alge v hitrih tekočih vodah. Tako prihaja do sožitja med nekaterimi vodnimi rastlinami in algami.

4.5 Alge v tekočih vodah

Za življenje v tekočih vodah imajo velik pomen pritrjene alge. Fitobentoške alge dajejo kamenju v tekočih vodah zeleno, rjavo ali črno barvo. V hitro tekočih vodah so alge močno pritrjene ali celo skrite v podlago. V alpskih potokih prevladujejo alge s kokalno organizacijsko stopnjo, saj bi jih tok vode odtrgal. V dolinskem delu vodotoka, kjer se tok vode umiri in kjer je kamenje trdneje zasidrano v dno, se pojavijo druge organizacijske oblike alg (Vrhovšek, 1985, str. 30).

Na prisotnost vrst in sestavo združbe vplivajo različni dejavniki okolja: kamninska sestava, tip substrata, hitrost vodnega toka, kemijska sestava vode, količina svetlobe, temperatura, stopnja organske obremenitve in toksičnost vodnega okolja.

4.6 Rast in razvoj alg

Za rast in razvoj alg so pomembni naslednji dejavniki: temperatura, gibanje vode in hitrost vodnega toka, pH, bazičnost, trdota, svetloba, narava substrata, slanost, kisik, CO₂, hranilne snovi in druge raztopljene snovi. Največkrat pa so ti dejavniki med sabo povezani.

4.7 Onesnažena voda in alge

Velik problem povzroča onesnažena voda z razgradljivimi, nerazgradljivimi in s strupenimi snovmi. Onesnažena voda prizadene vodne prebivalce, in prav tako tudi alge. Vplivi onesnaževanja se kažejo v tem, da se diverziteteta vrst zmanjšuje, pogostost preživelih vrst pa lahko izjemno naraste. Alge, ki sestavljajo pomemben del perifitonske združbe, imajo še posebej pomembno vlogo v samočistilnih procesih. Za posamezne stopnje onesnaženja so poznane tako imenovane indikatorske vrste. Že nekaj časa so alge poznane kot indikatorji posebej organskega onesnaženja, to so tako imenovani indikatorji saprobnosti (Peroci, 2007, str. 1).

4.8 Sistematska razdelitev alg

Alge so avtotrofne steljčnice, ki se med seboj razlikujejo po zgradbi in obliki. Poznamo enocelične kot tudi mnogocelične organizme. Enocelične alge so najmanjše, največje pa lahko zrastejo tudi do 60 metrov. Telo alg imenujemo steljka. Alge so brez diferencialnih celic in njihova zgradba je zelo preprosta. Poznamo več kriterijev za delitev alg, kot so: fotosintetska barvila (klorofil a, b in c) ter druga barvila, snovi, ki gradijo celično steno (celuloza ...), rezervne snovi v celicah (škrob ...) ter razmnoževanje (spolno, nespolno). Izvorna skupina vsem algam so evglenofiti. Skupina, ki pomeni izhodišče za razvoj prednikov današnjih mahov, praprotnic in semenk, pa so zelene alge.

Glede na obliko steljke alge delimo na:

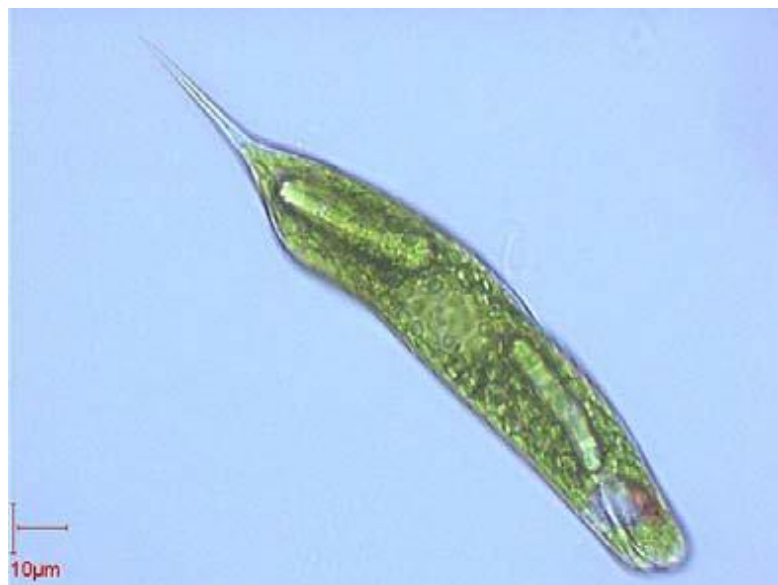
- bičkaste alge (evglena): najpreprostejše, enocelične alge, ki lahko tvorijo kolonije,
- kroglaste alge: so bičke v razvoju izgubile in se zato ne gibljejo aktivno,
- nitaste alge: večcelične alge, nerazvejane ali razvejane nitke,
- cevaste alge: celotno steljko gradi ena sama mnogojedrna celica.

Taksonomskih delitev je več in znanstveniki niso enotnega mnenja glede sorodstvenih odnosov med skupinami alg.

Po eni izmed taksonomskih delitev razvrščamo alge v sedem debel:

4.8.1 Prvo deblo: evglenofiti (*Euglenophyta*)

Predstavniki evglenofitov so večinoma gibljive enocelične alge. Imajo značilno, posebno zunanjo in notranjo zgradbo, ki se razlikuje od bičkastih oblik in tipov celic drugih alg. Nekatere vrste nimajo kloroplastov, prehranjujejo se z organsko hrano. Zaradi teh značilnosti jih najdemo v okolju, kjer je mnogo gnijočih organskih snovi. Lahko se razmnožijo v tolikšnih količinah, da obarvajo vodno površino zeleno, rdeče ali rjavo, odvisno od vrst. Posebno pogoste so v vodah ob gnojiščih in iztokih gospodinjskih odpadkov (Vrhovšek, 1985, str. 12).



Slika 8: *Euglena* sp.

(Vir: Peroci, 2006)



Slika 9: *Phacus* sp.

(Vir: Peroci, 2006)

4.8.2 Drugo deblo: kriptofiti (*Cryptophyta*)

Izvor kriptofitov je nejasen, mednje uvrščamo alge, ki imajo monadne organizacijske stopnje s številnimi posebnostmi. Celice imajo po dva, skoraj enako dolga migetalkasta bička, pritrjena na sprednjem delu. Celično membrano sestavljajo proteini, podobno kot pri evglenofitih, vendar se membrani v zgradbi razlikujeta. Alge iz te skupine imajo trihociste, s katerimi si verjetno pomagajo pri lovljenju plena. Nekatere se hranijo samo heterotrofno. Čeprav v to skupino spada majhno število vrst, so kriptofiti v morju in sladkih vodah splošno razširjeni (Vrhovšek, 1985, str. 12).



Slika 10: *Rhodomonas salina*

(Vir:

http://cfb.unh.edu/phycokey/Choices/Cryptophyceae/RHODOMONAS/Rhodomonas_Image_page.htm)

4.8.3 Tretjo deblo: ognjene alge (*Dinophyta = Dinoflagellata*)

V skupini dinofitov prevladujejo enocelične, gibljive alge, ki predstavljajo pomemben del fitoplanktona v sladkih, brakičnih in morskih vodah. Za večino vrst je značilno, da se prehranjujejo heterotrofno. Celice imajo po dva različno zgrajena bička. Imajo celulozno lupinico sestavljeno iz ploščic. V morju, ko je v obalnih vodah velika količina organskih

snovi, nekatere vrste množično tvorijo vodni cvet. Nekatere vrste vsebujejo strupene alkaloidne, kar lahko povzroči pogin rib. Tudi v sladkih vodah se lahko nekatere vrste pojavijo množično (Vrhovšek, 1985, str. 13).



Slika 11: *Ceratium* sp.

(Vir: Peroci, 2006)



Slika 12: *Peridinium* sp.

(Vir: Peroci, 2006)

4.8.4 Četrto deblo: haptofiti (*Haptophyta*)

Predstavniki haptofitov imajo tri bičke, eden je haptonema in služi za pritrjanje na škrge rib. Večina ima monadalno steljko. V celični steni so polisaharinske luske, ki se lahko kalcificirajo. Živijo kot planktonski predstavniki v morju. Predstavljajo vodilne fosile pri določanju starosti kamnin (Peroci, 2007, str. 24).



Slika 13: *Gephyrocapsa oceanica*

(Vir: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Gephyrocapsa_oceanica_color.jpg)

4.8.5 Peto deblo: rumene alge (*Xanthophyceae*)

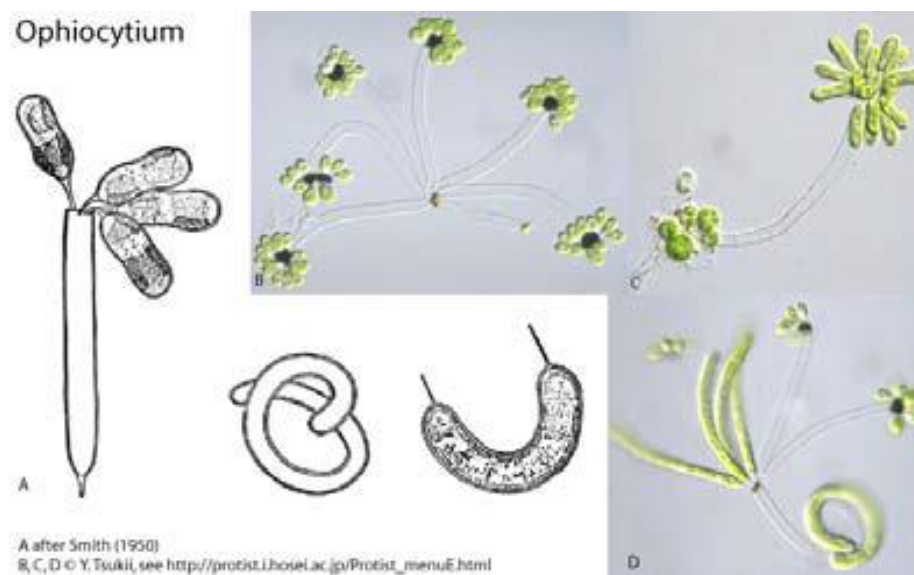
Barvila, značilna za skupino rumenih alg, so klorofil a in c ter druga. Celice ne vsebujejo fukoksantina (daje temno barvo), zato je barva teh alg rumenozelena. Steljka je lahko modalne, kokalne, nitaste in sifonalne oblike. Rezervna snov v celicah je predvsem olje.

Večina predstavnikov je sladkovodnih, nekateri pa živijo tudi v vlažnih tleh in v morju (Peroci, 2007, str. 24).



Slika 14: *Vaucheria* sp.

(Vir: Peroci, 2006)



Slika 15: *Ophiocytium* sp.

(Vir: Peroci, 2006)



Slika 16: *Tribonema* sp.

(Vir: Peroci, 2006)

4.8.6 Šesto deblo: rdeče alge (*Rhodophyta*)

Rdeče alge najdemo v morju, nekatere vrste pa živijo tudi v sladkih tekočih vodah. Rdeča barva je dolgovalovna in sprejema krajše valovne dolžine, ki prodrejo globlje v vodo, zato lahko rdeče alge najdemo tudi v precejšnjih globinah. Fotosintetska barvila ki se pojavljajo pri tej skupini, so klorofil a in b ter druga. Celična stena je iz celuloze in pektinov, vsebuje tudi mnogo sulfatnih polisaharidov. Ne glede na zapleteno razmnoževanje pa imajo veliko primitivnih znakov, kot so npr. negibljive celice, enostavna zgradba kloroplastov. Organizacijski tip steljke je nitast (Peroci, 2007, str. 29).



Slika 17: *Batrachospermum* sp.

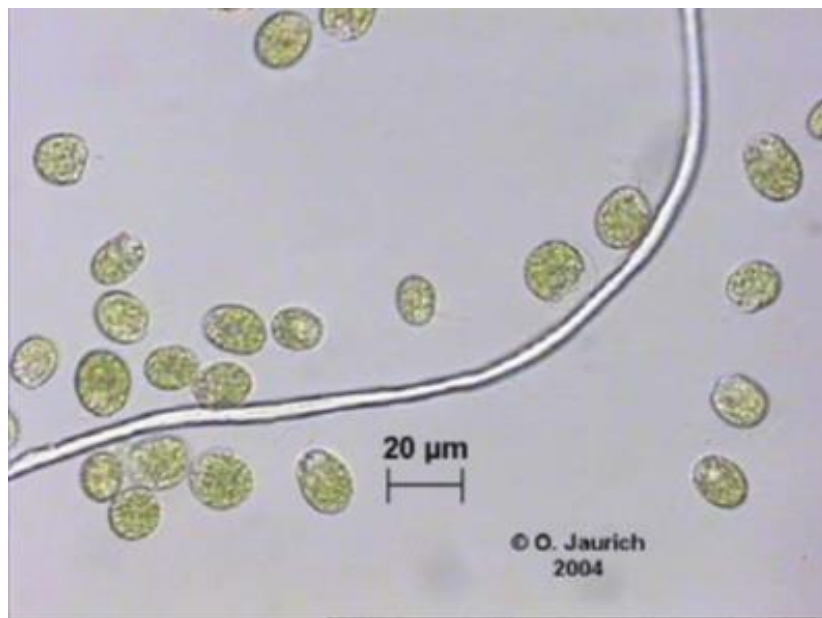
(Vir: Peroci, 2006)

4.8.7 Sedmo deblo: zelene alge (*Chlorophyta*)

Zelene alge so predniki višjih rastlin. Od fotosintetskih barvil imajo klorofil a in b ter druga barvila. Rezervni snovi sta škrob in olje. Celična stena je iz celuloze in pektina. Pojavljajo se vsi organizacijski nivoji steljke. Od vseh skupin so zelene alge po številu vrst najštevilčnejše. So zelo razširjene po različnih ekosistemih, najdemo jih tudi tam, kjer so ekstremni pogoji za življenje. V glavnem živijo v sladkih vodah, le okoli 10 % jih živi v morju (Peroci, 2007, str. 30).

Razred: kloroficeje (*Chlorophyceae*)

V rodove jih delimo na osnovi organizacijskih nivojev steljke. Zastopani so vsi organizacijski nivoji, razen rizopodialnega. Imajo običkane razmnoževalne celice (Peroci, 2007, str. 31).



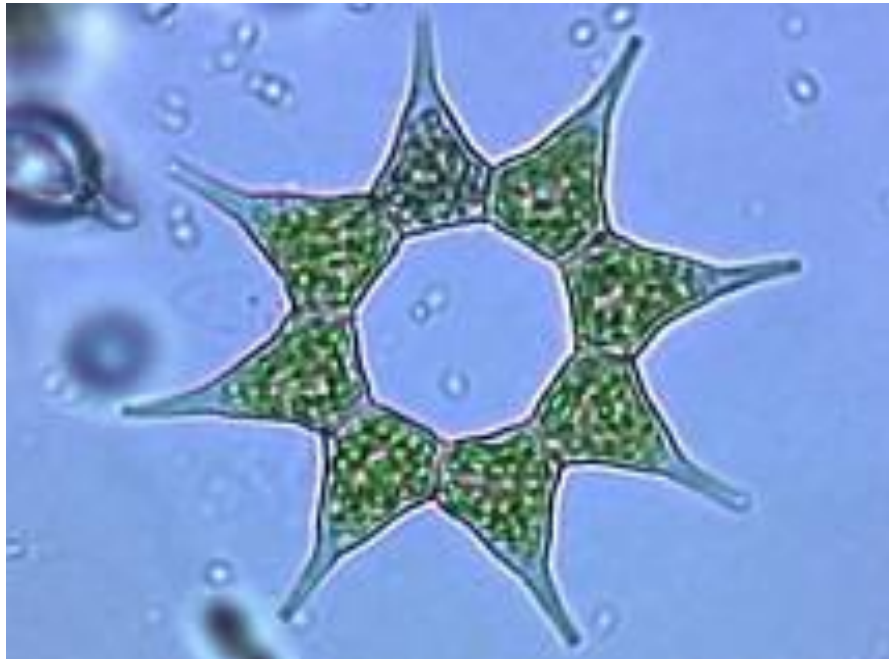
Slika 18: *Chlamydomonas* sp.

(Vir: Peroci, 2006)



Slika 19: *Volvox* sp.

(Vir: Peroci, 2006)



Slika 20: *Pediatrum* sp.

(Vir: Peroci, 2006)

Razred: jarmaste alge (*Zygnematophyceae* = *Conjugatea*)

Za skupino jarmastih alg je značilno, da nimajo gibljivih celic, tudi razmnoževalne celice niso običkane. Pojavljajo se enocelične kokalne ali nitaste oblike steljke. Nitaste oblike so nerazrasle in sestavljene iz enakih celic. Nitke lahko pod posebnimi pogoji razpadejo na posamezne celice. Zunanja stran celične stene je sluzasta, s pomočjo te sluzi alga počasi drsi po podlagi. Imajo značilno obliko kloroplastov, nameščeni so podolžno sredi celice, redko ob strani, takrat pa imajo obliko vijačnice. Razmnožujejo se spolno s konjugacijo in nespolno s fragmentacijo. So sladkovodne, in sicer tako planktonske kot tudi bentoške (Peroci, 2007, str. 34).



Slika 21: *Cosmarium* sp.

(Vir: Peroci, 2006)



Slika 22: *Closterium* sp.

(Vir: Peroci, 2006)

5 MONITORING

Monitoring (spremljanje) je oblika nadzora oziroma preverjanja, ali pitna voda izpolnjuje zahteve Pravilnika o pitni vodi (Ur. l. RS št. 19/04, 35/04, 26/06 in 92/06), zlasti zahteve za mejne vrednosti parametrov (skladnost). (Vir:

http://www.jp-prlekija.si/uploads/File/oskrba_s_pitno_vodo/navodila_analize_vode.pdf).

5.1 Kemijska analiza vode

K optimalni oceni kakovosti vode v veliki meri pripomore kemijska analiza. Kemijska analiza vode se opravlja s pomočjo EKO-kovčka za analizo vode po priloženih navodilih. Meri se vsebnost amonijaka, nitratov, nitritov, fosfatov, pH, karbonatna in nekarbonatna trdota. Na popisnem listu so tudi mejne dovoljene količine za posamezne snovi. Povečana vsebnost amonijevih, nitratnih, nitritnih in fosfatnih ionov je lahko posledica pretirane uporabe mineralnih gnojil ali odplak iz bivalnih naselij. Naravne vode imajo pH med 6 in 8. Večje spremembe pH so lahko za življenje v vodi usodne.



Slika 23: EKO-kovček

(Foto: Jurkovič V.)

5.2 Biološka metoda

Kakovost tekočih voda lahko ugotavljamo s pomočjo biološke metode. Vodni organizmi so dober kazalec razmer v vodi. Ne odzivajo se samo na fizikalne in kemijske značilnosti vode, ampak s svojo prisotnostjo ali odsotnostjo dobro izražajo značilnosti potoka. Z analizo različnih vodnih združb lahko dobro pojasnimo razmere v vodotoku. Prav vodni nevretenčarji, alge, makrofiti in ribe so pogosto osnova za vrednotenje kakovosti vode in stanja vodotoka. Poznamo dve glavni skupini bioloških metod: diverzitetne in biotske indekse (Urbanič, Mikoš, 2002, str. 263).

5.2.1 Diverzitetni indeks

Razvili so jih teoretični ekologi, ki so jih zanimala vprašanja v zvezi s stabilnostjo in pestrostjo ekosistemov. Najpreprostejša mera diverzitete je število vrst, prisotnih v združbi, vendar običajno ni zadostna. Poleg števila vrst je pomembna tudi pogostost osebkov posameznih vrst, zaradi česar so indeksi, pri katerih je upoštevano oboje (število vrst in njihov delež), popolnejša mera za diverziteto združbe in njeno heterogenost. Število diverzitetnih indeksov, ki so v uporabi pri vrednotenju kakovosti vode okoli 20. Zasnovani so na načelu, da vrstna diverzitetna v ekosistemu v stresnih razmerah oz. v onesnaženem ekosistemu upada. To vedno ne drži, še posebej ne v neonesnaženih izvirih predelih, kjer so vzroki za nižjo diverzitetno drugi ekološki dejavniki (konstantna temperatura, omejena količina hrane ...). Zato diverzitetne indekse najpogosteje uporabljamo le kot dodatno mero za opis združb. Njihova praktična prednost je v tem, da ni treba poznati natančne taksonomske uvrstitve vseh osebkov. Pomembno je, da razlikujemo osebkove različnih vrst, ne pa tudi, kateri vrsti pripadajo. S tega vidika so indeksi uporabni tudi za taksonomsko manj usposobljene ljudi in za območja, kjer favna ni dovolj dobro raziskana in zaradi tega ne obstajajo dovolj dobri določevalni ključni (Peroci, 2007, str. 7).

5.2.2 Biotski indeksi

Saprobni indeks

V tem sistemu gre za vrednotenje kakovosti vodotoka na podlagi prisotnih organizmov in njihove pogostosti. Saprobnimi sistemi so bili narejeni za različne skupine organizmov (alge, ribe, vodne vretenčarje). Večina danes uporabnih saprobnih indeksov je bilo izpeljanih iz saprobnega sistema, ki sta ga vpeljala Kolkowiz in Marsson na začetku 20. stoletja. Njun pojem »saprobia« je pomenil »odvisnost organizmov od razkrajajoče se organske snovi kot

edinega vira hrane«. Omenjeni sistem so kasneje razvijali številni avtorji, med njimi Sladeček in Wegl (Urbanič, Mikoš, 2002, str. 3). Pojem saprobnost predstavlja tiste metabolne procese, ki so obratni kot procesi primarne produkcije in ki v kombinaciji z biogeno in s fizikalno vnesenim kisikom določajo saprobno stopnjo vodnega telesa.

TABELA 1: SAPROBNA STOPNJA

<u>SAPROBNA STOPNJA</u>	<u>KAKOVOSTNI RAZRED</u>	<u>ZNAČILNOSTI VODE</u>
OLIGOSAPROBNA	1.	- SKORAJ ČISTA VODA, NASIČENA S KISIKOM - OKSIDACIJSKIH PROCESOV, KI BI PORABILI KISIK, NI.
A- MEZOSAPROBNA	2.	- ZMerno onesnažena voda
B- MEZOSAPROBNA	3.	- Srednje onesnažena voda
POLISAPROBNA	4.	- Močno onesnažena voda - V vodi ni kisika, ves se porabi za oksidacijo organskih snovi.
	5.	- zelo močno onesnažena voda

Trend biotski indeks

Trend biotski indeks je bil razvit kot alternativa saprobnemu sistemu, predvsem z namenom zmanjšati časovno zamudo zaradi štetja in določanja organizmov pri izračunu saprobnega indeksa. Temelji na prisotnosti oz. odsotnosti indikatorskih skupin in na diverziteti taksonov (običajno družin in rodov) na posameznih vzorčnih mestih. Le v redkih primerih je vključen nivo vrste. Kot saprobni indeks je tudi trend biotski indeks uporaben za določanje organske obremenjenosti voda in nekaterih drugih onesnaženj. Večina biotskih indeksov, ki jih danes uporabljamo, je bilo razvitih iz trend biotskega indeksa. Ta temelji na dveh predpostavkah:

- Z naraščajočo stopnjo organske obremenjenosti se zmanjšuje število skupin oz. se zmanjšuje biotska diverziteteta.
- Z naraščanjem organske obremenjenosti izginjajo taksoni v značilnem vrstnem redu.

Zaradi vključenih višjih taksonomskih nivojev so biotski indeksi uporabni za širši krog ljudi in jim predvsem v mnogih zahodnoevropskih državah uporabljajo kot standardno metodo za določevanje kakovosti voda. V večini primerov so zgolj regionalno uporabni in ugotovitve ne veljajo za širša geografska območja, kot to velja za saprobni indeks. Slovenija ima geografsko zelo razgiban relief, zato ne uporablja biotskega indeksa, saj bi bila potrebna uporaba različnih, za območje prilagojenih biotskih indeksov (Peroci. 2007, str. 9).

6 VODOTOKI

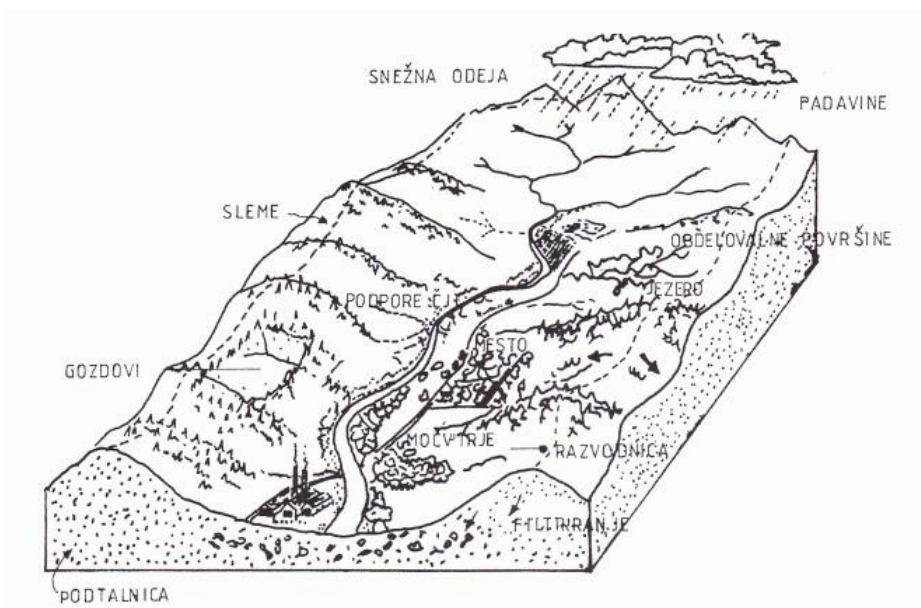
Voda hlapi zaradi sončne toplote iz oceanov, hlapi krožijo po zraku in se kot padavine vračajo na Zemljo. Tu kot reke in potoki odteka nazaj v morje. Reka nastane, če se združi več površinskih odtokov deževnice ali snežnice. Reka si ustvari odmakalno območje ali porečje. Zgornji tok porečja je povirje. Porečja ločujejo razvodja, ki tečejo po grebenih ali slemenih. Vodno kroženje se stalno ponavlja. Voda se v zraku obnovi vsakih 20 dni. Količina vode, ki kroži, je še danes najbrž ista, kot je bila pred tremi milijardami leti. Rečni režim nam pove nihanje vodnega stanja med letom. Zelo pomembno je razlikovati tipe rečnih režimov znotraj posameznih vodotokov, saj se le-ti hitro menjavajo ob toku navzdol. Rečni režim se preoblikuje pod vplivom padavin in topljenja snega. Zlasti zaradi padavinskih režimov so za manjše reke (pritoki v povirju) značilna izrazita sezonska

nihanja vodostajev in pretokov. Nizki pretoki poleti, visoke temperature in majhen strmec povečujejo občutljivost večina vodnih tokov (Vrhovšek, Vovk Korže, 2008, str. 24).



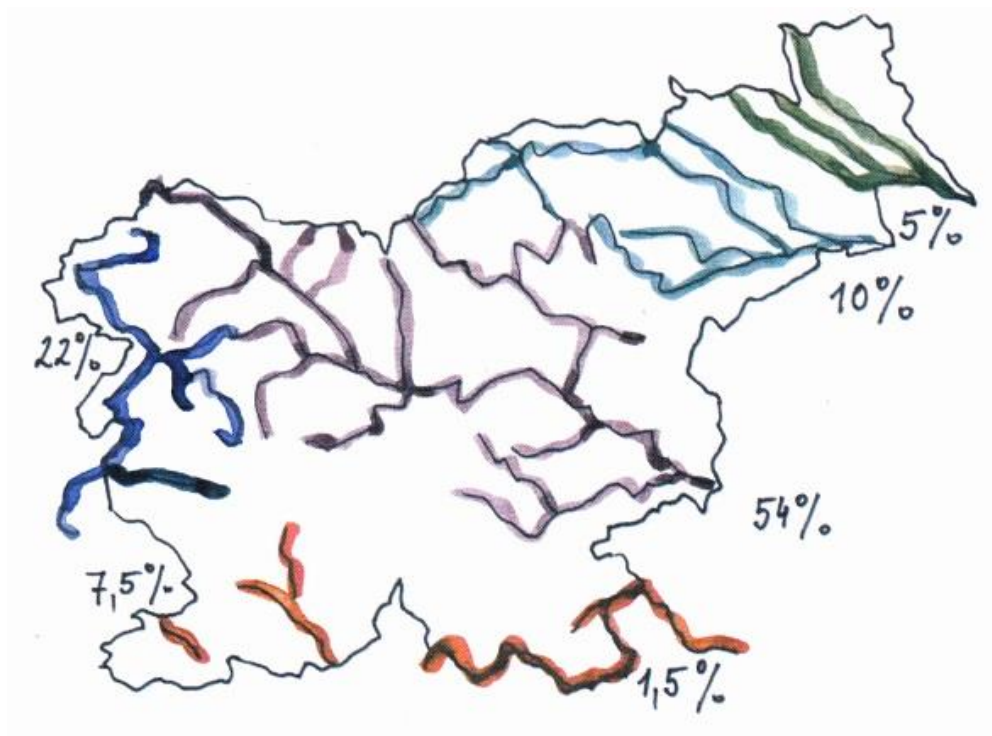
Slika 24: Pokrajina z naravnimi vodotoki

(Vir: Vrhovšek, Vovk Korže, 2008)



Slika 25: Porečje sestavlja glavni vodotok in njegovi pritoki.

(Vir: Vrhovšek, Vovk Korže, 2008)



Slika 26: Vodotoki v Sloveniji

(Vir: Vrhovšek, Vovk Korže, 2008)

6.1 Rečni sistem

Rečni sistem sestavlja glavna reka s pritoki, ki odvaja vodo s celotnega porečja. Padavine se zbirajo v curkih in ploskovno odtekajo po nestalnih poteh. Šele ko se združi več curkov v tok, nastane potok, ta preraste v reko in nato v veletok. Rečni sistem je torej sestavni del rečne mreže ali rečja, to so vodni tokovi, ki se zbirajo in združujejo v glavno reko (Vrhovšek, Vovk Korže, 2008, str. 24).



Slika 27: Rečni sistem

(Vir: Vrhovšek, Vovk Korže, 2008)

6.2 Regulacija vodotoka

Reke in potoki predstavljajo pomemben naravni rezervoar vode in naravni vir potencialne energije. Eden od načinov, da zagotovimo zanesljiv vir vode in energije, je zaježitev rek. Jezovi oblikujejo rezervoarje vode, ki jo ljudje uporabljajo v gospodinski namene, za namakanje ali v industriji, silo toka pa izkoristijo za proizvodnjo električne energije. S spremembo vzorca naravnega toka potencialno lahko rešijo problem poplavljanja obvodnega prostora – poplavnih ravnin, ki jih izkoriščajo v kmetijske, komercialne, industrijske namene in gradnjo cest ter hitrejšo dovodno odnašanje smeti in umazanije.



Slika 28: Primer regulacije vodotoka

(Foto: Jurkovič V.)

6.2.1 Primerjava značilnosti naravnih in fizično spremenjenih vodotokov

Naravni in fizično spremenjeni vodotok se med seboj razlikujeta tako v morfologiji kot v hidrologiji. Največje razlike se pojavljajo v zaraščenosti obrežja, meandriranju in v strugi, kar pogojuje še številne druge razlike. Naravni vodotok ima bregove, porasle z grmičevjem, drevjem in s travami. Ta poraščenost omogoča senčenje struge in s tem ne prihaja do velikega nihanja temperatur. Zaraščeni bregovi nudijo življenjske prostore mnogim rastlinam in živalim. Obrežna vegetacija predstavlja pomemben vir organski snovi za vodotok (odpadno liste). Za strugo so značilni meandri, izmenjujoči odseki brzic in tolmunov. Ker struga vijuga, se s tem povečuje število habitatov. Značilna pa je tudi neenakomerna globina struge; zato je v sušnem obdobju pod vodo le del struge, ki je globlji (tolmun), ostali del struge pa je suh; tako je zagotovljena primerna globina za ribe

in ostale vodne organizme tudi v sušnem obdobju. Hitrost vodnega toka je raznolika. Na brzicah je hitrost bolj enakomerna in večja, v tolmunih pa bolj raznolika in manjša. Hitrost se upočasni ob spodkopanih brežinah in za večjimi skalami, ki so zatočišča za vodne organizme. Pri fizično spremenjenem vodotoku je naravna obrežna vegetacija odstranjena, zato ni senčenja in zaradi tega prihaja do večjega nihanja temperature (manjše število habitatov). Ker ni vegetacije, tudi ni odpadnega listja. Za tako strugo je značilno, da je ravna. Ni meandrov in tipičnega zaporedja tolmunov in brzic. Značilna je enakomerna globina struge, zato v sušnem obdobju ni noben del struge pod vodo in tako se zmanjša življenjski prostor nekaterim ribam in drugim vodnim organizmom. Hitrost vodnega toka je enakomerna v celotni strugi in višja kot pri naravnem vodotoku. Hitrost je mnogokrat prevelika za nekatere organizme, mest za počitek pa je zelo malo ali jih sploh ni, zato te organizme vodni tok odnaša.



Slika 29: Naravni vodotok

(Foto: Jurkovič V.)



Slika 30: Fizično spremenjeni vodotok

(Foto: Jurkovič V.)

6.3 Blaguški potok

Blaguški potok je naravnega nastanka. Delno teče po gozdu ter delno med njivami in travniki. Ob potoku je pestra biotska raznovrstnost. Je dom ogrožene vidre, vendar če se bo nadaljevalo tako stanje, bo tudi vidra izginila.



Slika 31: Kjer se jezero zliva v potok.

(Foto: Jurkovič V.)



Slika 32: Blaguško jezero

(Foto: Jurkovič V.)

7. MATERIAL IN METODA DELA

7.1 MATERIAL

7.1.1 Biološka analiza

- trije plastični lončki
- mikroskop
- objektivna stekelca
- krovna stekelca
- kapalka
- določevalni ključ
- zobna ščetka
- fotoapararat
- pisalo



Slika 33: Mikroskop

(Foto: Jurkovič V.)



Slika 34: Pripomočki za mikroskopiranje

(Foto: Jurkovič V.)

7.1.2 KEMIJSKA ANALIZA POTOKA

- EKO-kovček
- trije plastični lončki
- pisalo
- fotoaparata



Slika 35: Plastični lončki

(Foto: Jurkovič V.)

7.2 METODA DELA

7.2.1 BIOLOŠKA ANALIZA POTOKA

Opis odvzetega mesta:

Potok je naravnega nastanka. Delno teče po gozdu, delno pa med kmetijskimi površinami. Izliva se v reko Ščavnico.



Slika 36: 1. Odvzemno mesto

(Foto: Jurkovič V.)



Slika 37: 2. Odvzemno mesto

(Foto: Jurkovič V.)



Slika 38: 3. Odvzemno mesto

(Foto: Jurkovič V.)

Postopek dela:

Alge sem postrgala s površine kamnov, rastlin, vej in odpadnih listov z zobno ščetko ter vzorce prenesla v plastične lončke. Na vsakem lončku sem označila odvzemno mesto, nato sem te lončke odnesla v šolo, kjer sem pod mikroskopom ugotavljala vrste alge. Vzorce sem nekaj časa pustila pri miru, da so se alge usedle, in nato sem vrhnjo tekočino odlila. S kapalko sem zajela del vzorca, kapljico vzorca sem dala na objektno stekelce in ga pokrila s krovnim stekelcem. Vzorec sem gledala pod vsemi povečavami. Najlažje pa sem določala pod povečavo $400x > 400x$ in $600x > 600x$. Pomagala sem si s ključem za ugotavljanje kakovosti tekoče vode z biološko analizo – alge.



Slika 39: Nabiranje materiala na terenu (kamni, alge)

(Foto: Jurkovič V.)



Slika 40: Nabrani material sem dala v lončke.

(Foto: Jurkovič V.)



Slika 41: Mikroskop, kapalka, objektno stekelce, krovno stekelce in vzorci

(Foto: Jurkovič V.)



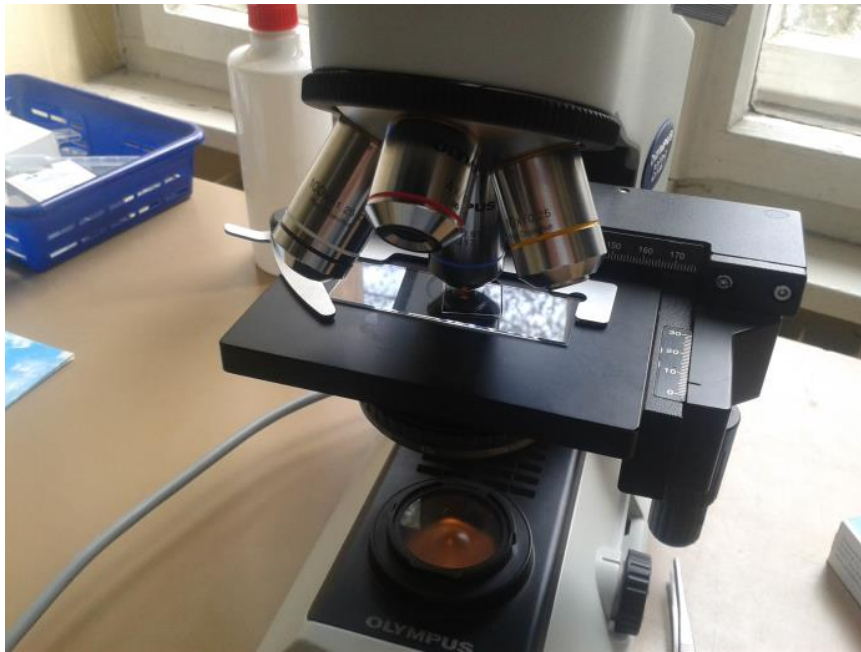
Slika 42: Pripravljeni mokri preparati

(Foto: Jurkovič V.)



Slika 43: Mikroskopiranje

(Foto: Jurkovič V.)



Slika 44: Mikroskop s preparatom

(Foto: Jurkovič V.)

7.2.2 KEMIJSKA ANALIZA VODE

Opis odvzetega mesta:

Blaguško jezero je umetnega nastanka. Na severu ga obdaja gozd, na jugu kmetijske površine. Ob jezeru je bogata biotska raznovrstnost, prav tako v samem jezeru.

Potok je naravnega nastanka. Delno teče po gozdu, delno pa med kmetijskimi površinami. Izliva se v reko Ščavnico.

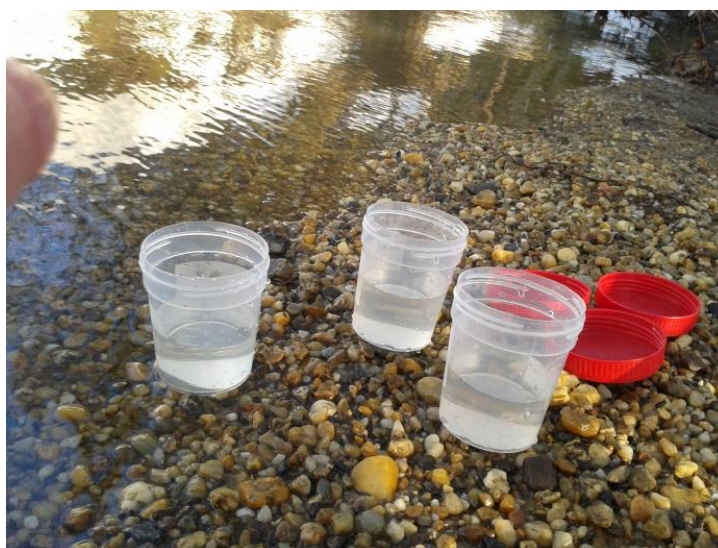
Postopek dela:

Vodo sem odvzela vsaki drugi mesec na treh odzemnih mestih. Vodo sem analizirala doma s pomočjo EKO-kovčka. Merila sem nitrate, nitrite, fosfate, amonijev ion in pH.



Slika 45: Odvzem vode za analizo

(Foto: Jurkovič V.)



Slika 46: Odvzeti vzorci vode za analizo

(Foto: Jurkovič V.)



Slika 47: EKO-kovček

(Foto: Jurkovič V.)



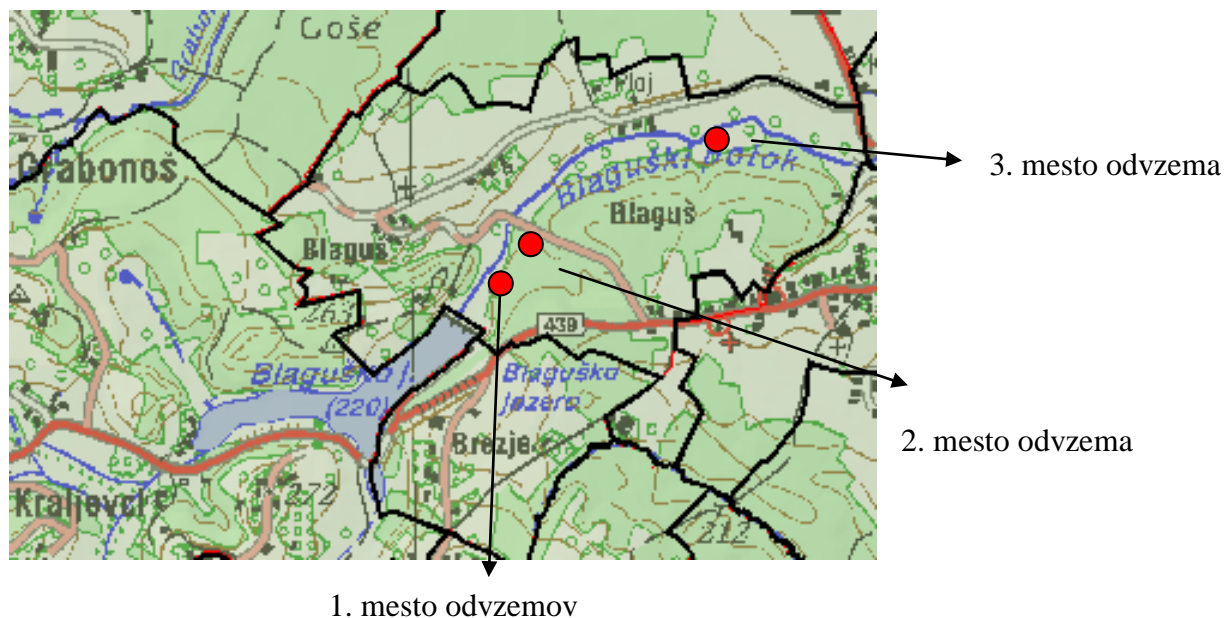
Slika 48: Določanje NITRITOV - NO_2

(Foto: Jurkovič V.)



Slika 49: Določanje vrednosti amonijaka, nitritov in nitratov

(Foto: Jurkovič V.)



Slika 50: Zemljevid odvzemnih mest

(Vir: http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso)

8 REZULTATI

8.1 BIOLOŠKA ANALIZA POTOKA

Število najdenih alg po posameznih odvzemnih mestih so prikazani v tabelah in grafih.

Tabela 2: Blaguški potok – 1. odzemno mesto

DATUM	VRSTE NAJDENIH ALG
19. 10. 2012	Closterium sp., Navicula sp., Euglena sp., Phacus sp., Fragilaria sp.
11. 12. 2012	Closterium sp., Navicula sp., Euglena sp., Pediastrum sp.
7. 3. 2013	Closterium sp., Navicula sp.
28. 3. 2013	Closterium sp., Navicula sp.,

	<p>Pediastrum sp.,</p> <p>Navicula sp.,</p> <p>Fragilaria sp.</p>
4. 4. 2013	<p>Closterium sp.,</p> <p>Navicula sp.,</p> <p>Pediastrum sp.,</p> <p>Navicula sp.,</p> <p>Fragilaria sp.</p>

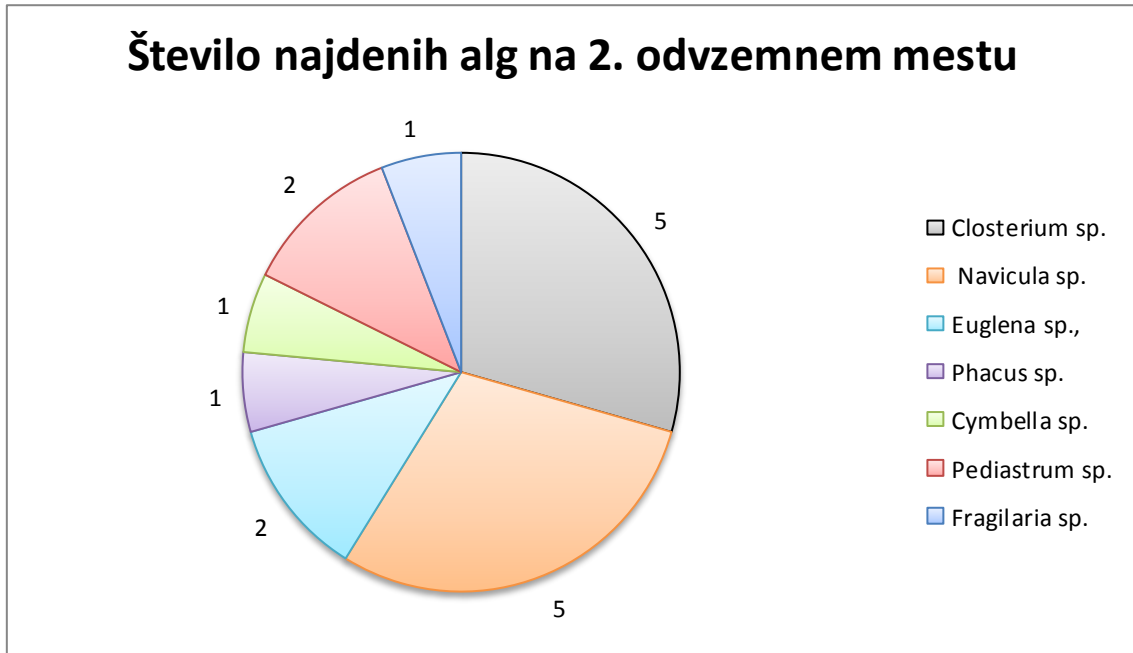


Graf 1: Število najdenih alg na 1. odvzemnem mest

Tabela 3: Blaguški potok – 2. odvzemno mesto

DATUM	VRSTE NAJDENIH ALG
19. 10. 2012	Closterium sp., Navicula sp., Euglena sp., Phacus sp.
11. 12. 2012	Closterium sp., Navicula sp., Euglena sp., Cymbella sp.
7. 3. 2013	Closterium sp., Navicula sp.
28. 3. 2013	Closterium sp., Navicula sp., Pediastrum sp., Fragilaria sp.
4. 4. 2013	Closterium sp., Navicula sp.,

	Pediastrum sp.
--	-----------------------

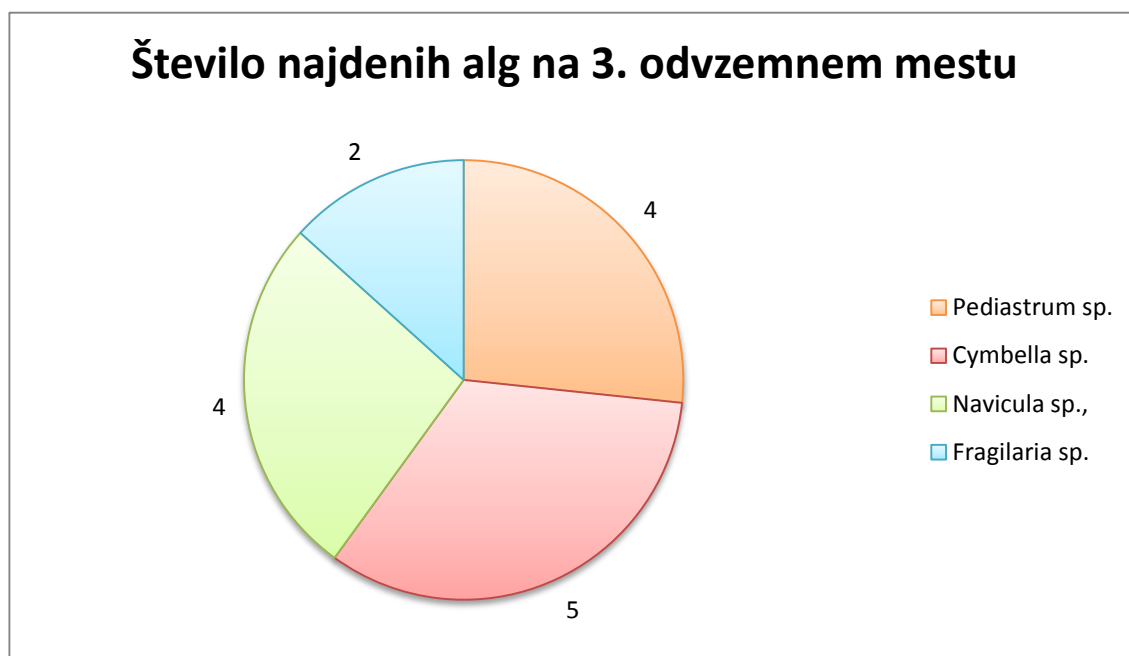


Graf 2: Število najdenih alg na 2. odvzemnem mestu

Tabela 4: Blaguški potok – 3. odvzemno mesto

DATUM	VRSTE NAJDENIH ALG
19. 10. 2012	Pediastrum sp., Cymbella sp.
11. 12. 2012	Cymbella sp., Navicula sp.,

	Pediastrum sp.
7. 3. 2013	Cymbella sp., Navicula sp., Fragilaria sp.
28. 3. 2013	Cymbella sp., Navicula sp., Pediastrum sp.
4. 4. 2013	Cymbella sp., Navicula sp., Pediastrum sp., Fragilaria sp.

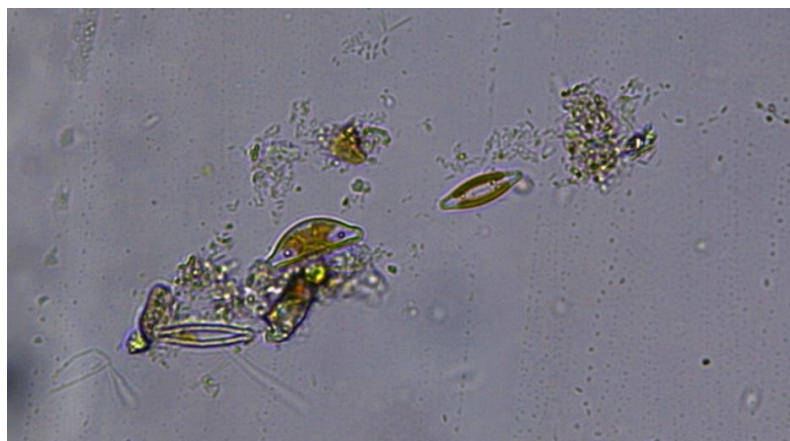


Graf 3: Število najdenih alg na 3. odvzemnem mestu



Slika 51: Cymbella sp.

(Foto: Jurkovič V.)



Slika 52: *Cymbella* sp. in *Navicula* sp.

(Foto: Jurkovič V.)



Slika 53: *Fragilaria* sp.

(Foto: Jurkovič V.)



Slika 54: *Navicula* sp.

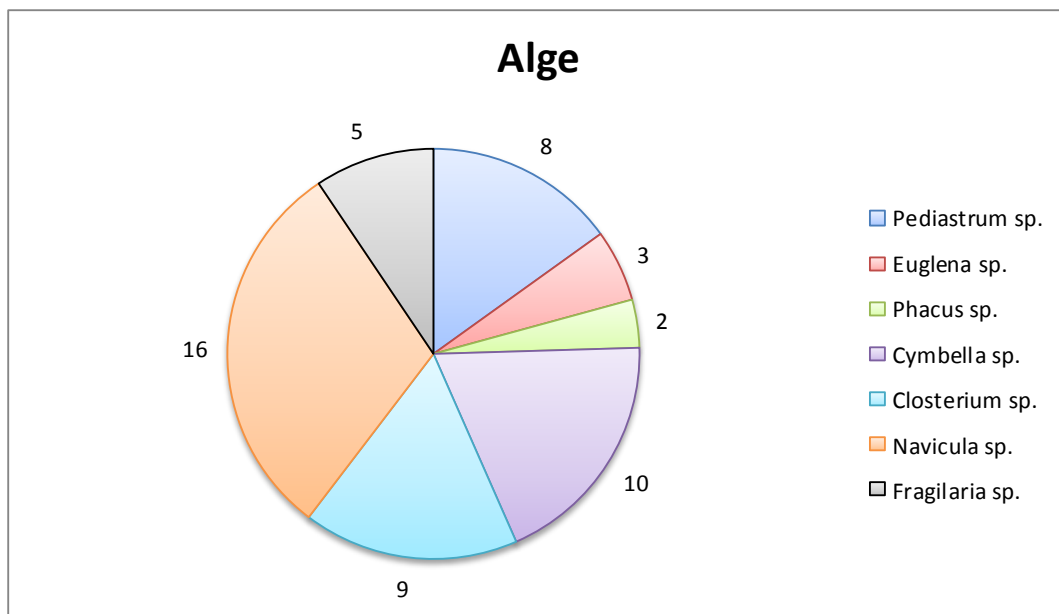
(Foto: Jurkovič V.)



Slika 55: *Pediastrum* sp.

(Foto: Jurkovič V.)

V grafu sem predstavila število najdenih alg. Za vsako algo sem napisala, kolikokrat sem jo našla.



Graf 4: Število najdenih alg

8.2 KEMIČNA ANALIZA POTOKA

Rezultati analiz so prikazani v naslednjih tabelah.

Tabela 5: Blaguški potok – 1. odvzemno mesto

Datum	NH ₄	NO ₃	NO ₂	PO ₄	pH
31. 10. 2012	0,2 mg/l	25 mg/l	≤0,02 mg/l	0 mg/l	8 mg/l
23. 12. 2012	0,2 mg/l	25 mg/l	0,1 mg/l	0 mg/l	8 mg/l
16. 3. 2013	0,2 mg/l	25 mg/l	0,1 mg/l	0 mg/l	8,5 mg/l
1. 4. 2013	0,2 mg/l	25 mg/l	0,1 mg/l	0 mg/l	8,5 mg/l

Tabela 6: Blaguški potok – 2. odvzemno mesto

Datum	NH ₃	NO ₃	NO ₂	PO ₄	pH
31. 10. 2012	≤0,05 mg/l	25 mg/l	≤0,02 mg/l	0 mg/l	7,5 mg/l
23. 12. 2012	≤0,05 mg/l	10 mg/l	≤0,02 mg/l	0 mg/l	7,5 mg/l
16. 3. 2013	0,2 mg/l	25 mg/l	0,1 mg/l	0 mg/l	8 mg/l
1. 4. 2013	0,2 mg/l	25 mg/l	0,1 mg/l	0 mg/l	8 mg/l

Tabela 7: Blaguški potok – 3. odvzemno mesto

Datum	NH ₃	NO ₃	NO ₂	PO ₄	pH
31. 10. 2012	≤0,05 mg/l	10 mg/l	≤0,02 mg/l	0 mg/l	7,5 mg/l
23. 12. 2012	≤0,05 mg/l	10 mg/l	≤0,02 mg/l	0 mg/l	7,5 mg/l
16. 3. 2013	0,2 mg/l	20 mg/l	0,1 mg/l	0 mg/l	8 mg/l
1. 4. 2013	0,2 mg/l	20 mg/l	0,1 mg/l	0 mg/l	8 mg/l

9. RAZPRAVA

V projektni nalogi sem dosegla namen in cilj naloge. Opravila sem vse meritve in tako ugotovila stopnjo onesnaženosti potoka. Rezultati so pokazali, da je potok zmerno onesnažen. Menim, da so za onesnaženost kriva bližnja zemljišča in neurejena kanalizacija. Meritve sem opravljala na treh odvzemnih mestih. Zaradi vremena jih nisem mogla opravljati vsaki drugi mesec, zato sem biološko analizo opravila dvakrat v mesecu marcu in enkrat v aprilu, kemijsko pa marca in aprila.

Ker sem uporabila dve metodi, sem dobila kompleksnejše rezultate o potoku. V projektni nalogi sem dosegla zastavljeni cilj in potrdila hipotezo. Predvidevala sem, da je potok zmerno onesnažen, in to so pokazali tudi rezultati. To sem sklepala po tem, da še ni urejena kanalizacija in nekateri občani te odplake spuščajo v potok in jezero. Potok pa teče tudi med travniki in njivami, kjer kmetje gnojijo. To sem ugotovila še posebej marca, ko se je stalil sneg in so kmetje začeli voziti gnojnico. Takrat se je kar precej povečal pH in vsebnost amonija, nitratov in nitritov. Vzroki za povečanje vsebnosti amonija, nitratov in nitritov so predvsem bližina kmetijskih površin, gnojenje in škropljenje. Predvidevam, da se fosfor ni povečal zaradi tega, ker kmetje v tem času niso uporabljali umetnih gnojil. Skozi projektno nalogo sem ugotovila, da je zelo pomembno, kje teče potok, saj sem v potoku, ki teče skozi gozd, našla alge, ki so pokazatelji čiste vode (*Cymbella* sp.). V potoku, ki teče med travniki in njivami, pa sem našla alge, ki so pokazatelji zmerno do srednje onesnažene vode. Tako sem ugotovila, da gnojenje travnikov in njiv zelo vpliva na stanje v potoku. Našla sem največ alg, ki nakazujejo na zmerno onesnaženo vodo (*Navicula* sp., *Fragilaria* sp., *Closterium* sp., *Euglena* sp., *Phacus* sp., *Pediastrum* sp.). Skozi projektno nalogo pa sem se srečevala s problemom, in sicer z vremenom. Od januarja in vse do marca nisem mogla opravljati analiz, saj je bilo preveč snega in nisem mogla do potoka, zato sem opravila biološko meritev v marcu in aprilu. Težave sem imela tudi pri iskanju literature, saj se z biološko metodo za ugotavljanje kakovosti vode s pomočjo zastopanosti alg do zdaj še ni ukvarjalo veliko ljudi.

9.1 BIOLOŠKA ANALIZA POTOKA

- 1. ODVZEMNO MESTO

1. odzemno mesto je pri Blaguškem jezeru. Našla sem alge, ki so pokazatelji zmerno do srednje onesnažene vode. *Euglena* sp. in *Phacus* sp. sta posebno pogoste v vodah ob gnojiščih in iztokih gospodinjskih odpadkov. Našla sem tudi algo, ki je prilagojena na ekstremne razmere, in to je *Pediastrum* sp. V tem delu sta jezero in potok zmerno onesnažena.

- 2. ODVZEMNO MESTO

2. odzemno mesto je potok, ki teče med travniki in polji. Ker kmetje gnojijo in je v potok izpuščena kanalizacija, se tudi tukaj pojavita *Euglena* sp. in *Phacus* sp. Zmerno onesnažene vode so pokazatelji *Closterium* sp., *Navicula* sp. in *Fragilaria* sp. V ekstremnih razmerah pa lahko živi tudi alga *Pediastrum* sp. Tudi tukaj je potok zmerno onesnažen.

- 3. ODVZEMNO MESTO

3. odzemno mesto je potok, ki teče med gozdom. Ugotovila sem, da potok še ima samočistilno sposobnost. Ker se na tem mestu ne gnoji, sem našla alge, ki so pokazatelji čiste vode, in sicer algo *Cymbella* sp. Vendar so bile prisotne tudi alge, ki so pokazatelji zmerno onesnažene vode. Našla sem *Navicula* sp., *Pediastrum* sp., *Fragilaria* sp. V tem delu pa nisem našla alg, ki so pokazatelji srednje onesnažene vode.

9.2 KEMIJSKA ANALIZA POTOKA

- AMONIJ (NH_4)

Amonij se zelo dobro topi v vodi. Je pokazatelj kemijskega onesnaženja vode. Večja vsebnost amonijevih ionov je znak organskega onesnaženja. Amonij prav tako vpliva na okus in vonj vode. Na vseh odzemnih mestih se kaže, da je bila voda v stiku z razpadajočo organsko snovjo (urin iz WC-ja, kanalizacijske odplake, gnojenje njiv in travnikov ...). Njegova vsebnost se je najbolj povečala spomladi, ko so kmetje začeli voziti gnojnico. Največja vsebnost amonija je na 1. odzemnem mestu, pri Blaguškem jezeru. Spomladi pa se je povečala tudi na 2. in 3. odzemnem mestu. Maksimalna vrednost v Sloveniji je 0,10 mg/l. Torej lahko iz rezultatov vidimo, da 1. odzemno mesto presega dovoljene vrednosti, to vrednost pa sta spomladi presegli tudi drugi dve odzemni mesti.

- NITRATI (NO_3)

Onesnaževanje vode s kanalizacijskimi odplakami in z naravnimi ter umetnimi gnojili so pokazatelji tudi nitrati. Maksimalne dopustne vrednosti nitratov v Sloveniji so do 50 mg/l. Iz rezultatov lahko vidimo, da ta mejna vrednost ni nikjer presežena. Največja vrednost je pri Blaguškem jezeru, in sicer 25 mg/l. Visoke vrednosti se kažejo tudi na 2. odvzemnem mestu, nekoliko nižje pa so na 3.

- NITRITI (NO_2)

Nitriti so soli, ki nastanejo iz nitratov in so strupene za vse ljudi. Maksimalna dovoljena vrednost nitritov v Sloveniji je 0,10 mg/l. Voda na nobenem odvzemnem mestu ne vsebuje povečane vrednosti strupenih nitritov. Največja vrednot nitritov je pri Blaguškem jezeru. Na 2. in 3. odvzemnem mestu pa se je vrednost povečala spomladi, ko so kmetije začeli gnojiti polja in travnike.

- FOSFATI (PO_4)

Fosfati se v vodi pojavijo zaradi uporabe pralnih praškov, detergentov in umetnih gnojil. Največja dovoljena vrednost v Sloveniji je 0,30 mg/l. Na vseh odvzemnih mestih je vrednot fosfatov 0 mg/l.

- pH

PH je lestvica kislosti in bazičnosti. Vrednost se kaže med 0 in 6 (kislo) ter med 8 in 14 (bazično). V sredini te skale je pri pH 7 nevtralna točka. Maksimalne mejne vrednosti v Sloveniji so dovoljene med 6,5 in 8,5. Na 2. in 3. odvzemnem mestu voda ni preveč kisla oz. bazična. Na 1. odvzemnem mestu pa so vrednosti na meji.

Kemijska analiza potrjuje, da je potok zmerno onesnažen. To je razvidno iz tabel. Onesnažen je predvsem zaradi gnojenja in odplak iz gospodinjstva, torej neurejene kanalizacije. Potok je najbolj onesnažen ob Blaguškem jezeru. Tukaj so močno povečani amonij, nitrati in pH. Njihova vsebnost se je najbolj povečala spomladi, ko so kmetje začeli voziti gnojnico. Prav tako so rezultati pokazali onesnaženost na 2. odvzemnem mestu. Tudi tukaj se kaže vpliv gnojenja. Onesnaženost se zmanjša na 3. odvzemnem mestu, kar so pokazale tudi alge, saj potok teče po gozdu.

10 SKLEP

V današnjem času bi morali več pozornosti namenjati svojim vodam, saj so vedno bolj onesnažene. Naši potoki, reke, morja in oceani morajo sprejeti vso našo umazanijo. Vendar vodotoki nimajo več samočistilnih sposobnosti. Opravljati bi morali več analiz in spremljati stanje vodotokov. Če hočemo obdržati neokrnjeno naravo, moramo spremljati, kaj se dogaja v ekosistemih. Na voljo imamo različne metode. V tej projektni nalogi sem predstavila dve metodi, in sicer kemično in biološko. Kemična analiza nam predstavi vsebnosti določenih parametrov, kot so amonij, nitrati, nitriti, fosfor in pH. To metodo lahko podkrepimo z biološko metodo za ugotavljanje kakovosti vode s pomočjo zastopanosti alg. Alge so pomembni indikatorji, ki nam pokažejo stanje ekosistema. Zaradi svojih značilnosti (enostavna zgradba, hitra rast in različni načini razmnoževanja) se lahko hitro prilagodijo tudi na zelo ekstremne ekološke razmere in jih tako najdemo tudi v okoljih, kjer drugi organizmi ne uspevajo. Prav zato so pomembni indikatorji, ker če ne najdemo alg, potem vemo, da je okolje močno onesnaženo.

Skozi projektno nalogo sem se naučila veliko stvari. Naučila sem se, kako se izdeluje projektna naloga, in verjamem, da mi bo to znanje v veliko pomoč pri izdelavi diplomske naloge. Menila sem, da je potok zmerno onesnažen, in to so pokazali tudi rezultati. Tako sem lahko potrdila hipotezo, ki sem si jo zastavila na začetku naloge. Ugotovila sem tudi vzrok za onesnaženost potoka. Želela sem ugotoviti, kakšna voda se iz Blaguškega jezera zliva v potok, zato sem si izbrala odvzemno mesto pri Blaguškem jezeru. Rezultati so pokazali, da je na tem območju največja onesnaženost. Zato upam, da bomo občani spremenili odnos do jezera in naredili več za preprečevanja onesnaženosti in tako bomo pripomogli tudi k čistejšemu potoku. Predvidevam, da je prav tako tudi jezero velik krivec za onesnaženost potoka. Za ugotavljanje stanja potoka sem uporabila dve analizi, in sicer kemijsko in biološko analizo. Spoznala sem novo metodo za ugotavljanje kakovosti tekočih voda z biološko metodo. S to metodo sem izvedela veliko o algah in kako zahtevno

je določanje in prepoznavanje alg, saj so si med seboj zelo podobne. S tem sem ponovila mikroskopiranje.

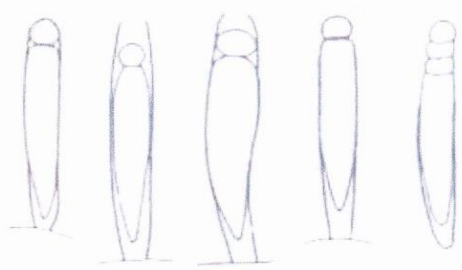
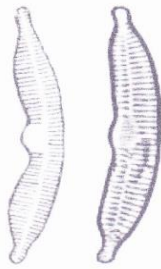
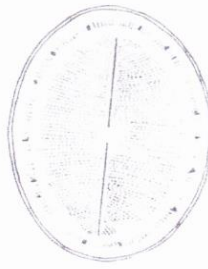
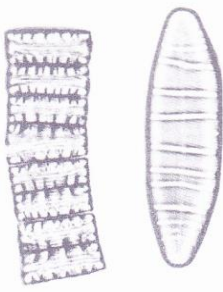
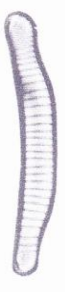
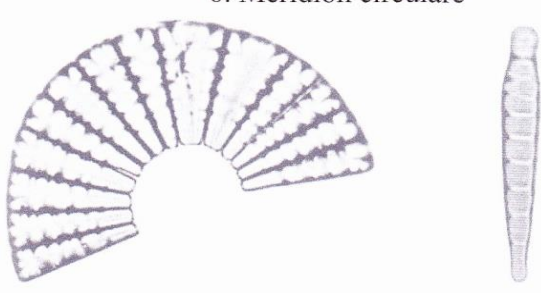
V nadalje upam, da se bo v moji občini spremenilo veliko stvari. Med prvim upam, da bodo čim prej uredili kanalizacijo in s tem se bo zmanjšalo tudi onesnaževanje potoka. Prav tako bi kmetje morali previdneje uporabljati gnojila. Občina bi morala več narediti za naše kraje. Veliko več se bi moralo narediti za ohranjanje narave in spremljati bi se moralo stanje naših vodotokov.

11 LITERATURA

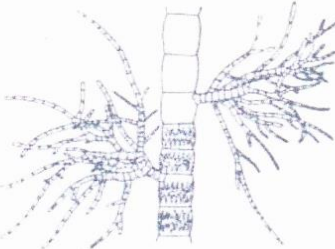

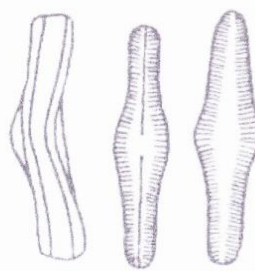

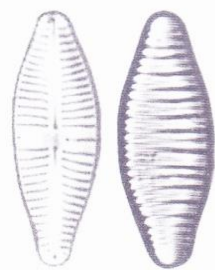



1. Ančik, Eva, Kazalci okolja 2005, Ministrstvo za okolje, prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana, 2006.
2. Krivograd Klemenčič, Aleksandra, Balabanič, Damjan, Fitobentos in kakovost v mrtvicah reke Mure, 2010.
3. Lah, Avguštin, Voda – vodovje: poglavitni življenjski vir narave in gospodarstva, Svet za varstvo okolja Republike Slovenije, Ljubljana, 1998.
4. Peroci, Petra, Diplomski naloga: Prepoznavanje kakovosti tekočih voda na terenu s pomočjo zastopanosti alg v geografiji, Maribor, 2007.
5. Seymour, John, Girardet, Herbert, Načrt zeleni planet: kako pazimo na okolje in hkrati varčujemo, Državna založba Slovenija, Ljubljana, 1991.
6. Urbanič, G., Mikoš, M., Vrednotenje kakovostnega stanja vodotoka – 1. pregled nekaterih metod vrednotenja, Gradbeni vestnik: letnik 51, september, 2002.
7. Vrhovšek Danijel, Sladkovodne alge: ali jih poznamo?, Državna založba, Ljubljana, 1985.
8. Vrhovšek, Danijel, Kosi, Gorazd, Krivograd Klemenčič, Aleksandra, Smolar Žvanut, Nataša, Monografija sladkovodnih in kopenskih alg v Sloveniji, Založba ZRC, ZRC SAZU, Ljubljana, 2006.

9. Vrhovšek, Danijel, Vovk Korže, Ana, Ekoremediacije kanaliziranih vodotokov, Ljubljana, 2008.
10. Gaia, modri planet: atlas za današnje upravljalce jutrišnjega sveta, Založba Mladinska knjiga, Ljubljana, 1991.

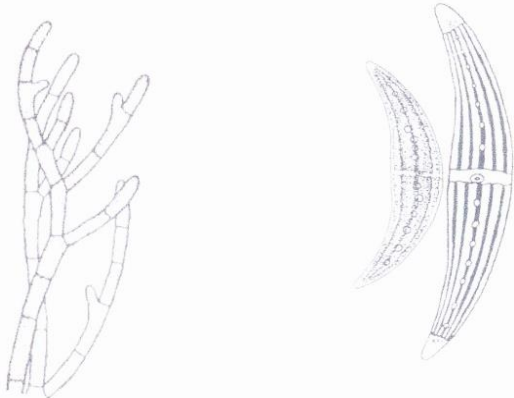
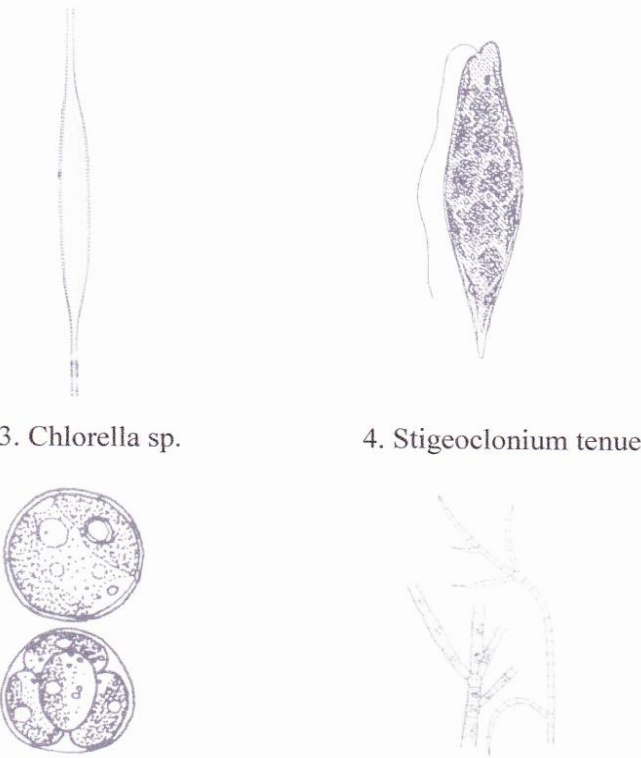
12 PRILOGE

Stopnja onesnaženja in značilnosti vode	Alge (bioindikatorski organizmi) in saprobne stopnje	Kakovosti razred
<p>Čista ali malo onesnažena voda - skoraj čista voda nasičena s kisikom - oksidacijskih procesov, ki bi porabili kisik ni - neobremenjena voda</p>	<p style="text-align: center;">Oligosaprobna stopnja</p> <p style="text-align: center;">1. Chamaesiphon sp.</p>  <p>2. Fragilaria arcus 3. Cocconeis placentula</p>   <p>4. Diatoma mesodon 5. Eunotia sp.</p>   <p>6. Meridion circulare</p> 	<p>1</p>


Se nadaljuje

	<p>7. <i>Draparnaldia</i> sp.</p> 	<p>8. <i>Homoeothrix varians</i></p> 	
<p>Zmerno onesnažena voda - zmerno onesnažena voda - obremenjena voda, potrebna čiščenja in dezinfekcije</p>	<p style="text-align: center;">β- Mezosaprobna Betamezosaprobna stopnja</p> <p>1. <i>Achnanthes</i> sp.</p>  <p>2. <i>Cocconeis pediculus</i></p>  <p>3. <i>Diatoma vulgaris</i></p>  <p>4. <i>Gomphonema</i> sp.</p>  <p>5. <i>Navicula</i> sp.</p>  <p>6. <i>Fragilaria</i> sp.</p> 		<p style="text-align: center;">2</p>

Se nadaljuje

	<p>7. <i>Cladophora glomerata</i> 8. <i>Closterium moniliferum</i></p> 	
<p>Srednje onesnažena voda - srednje onesnažena voda - bolj onesnažena voda, za tehnološko rabo le pogojno uporabna, če je brez strupov</p>	<p style="text-align: center;">α - Mezosaprobna Alfamezosaprobna stopnja</p> <p>1. <i>Nitzschia acicularis</i> 2. <i>Euglena</i> sp.</p>  <p>3. <i>Chlorella</i> sp. 4. <i>Stigeoclonium tenue</i></p>	<p style="text-align: center;">3</p>

Se nadaljuje

<p>Močno onesnažena voda</p> <ul style="list-style-type: none">- močno onesnažena voda- v vodi ni kisika, vse se porabi za oksidacijo organskih snovi- zelo obremenjena in okolju škodljiva	<p style="text-align: center;">Polisaprobna Polisaprobna stopnja</p> <p>Bakterija: <i>Beggiatoa alba</i></p> 	<p style="text-align: center;">4</p>
--	---	--------------------------------------

Slika 56: Ključ za ugotavljanje kakovosti tekoče vode z biološko metodo – alge

(Vir: Peroci, 2006)