

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Doroteja ČATORIČ

**DIVERZITETA IN DINAMIKA PERIFITONSKE ZDRUŽBE V REKI
SAVINJI V URBANEM OKOLJU**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**DIVERSITY AND DYNAMICS OF PERIPHYTON COMMUNITY IN
RIVER SAVINJA IN AN URBAN ENVIRONMENT**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2013

Čatorič D. Diverziteteta in dinamika perifitonske združbe v reki Savinji v urbanem okolju.
Dipl. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za biologijo, 2013

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija biologije. Opravljeno je bilo na Katedri za ekologijo in varstvo okolja Oddelka za biologijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za biologijo je dne 18. 5. 2012 sprejela temo ter za mentorja diplomske naloge imenovala prof. dr. Mihaela J. Tomana, za somentorja pa doc. dr. Igorja Zelnika.

Komisija za oceno in zagovor:

- Predsednica: prof. dr. Alenka GABERŠČIK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo
- Član: prof. dr. Mihael J. TOMAN
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo
- Član: doc. dr. Igor ZELNIK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo
- Član: doc. dr. Gorazd URBANIČ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Datum zagovora: 9. 10. 2013

Podpisana se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddala v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Doroteja Čatorič

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dd
DK	UDK 574:561.261(497.4)(043.2)=163.6
KG	perifiton/Savinja/kremenaste alge/diverziteteta/kakovost voda
AV	ČATORIČ, Doroteja
SA	TOMAN, J. Mihael (mentor)/ZELNIK, Igor (somentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 111
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo
LI	2013
IN	DIVERZITETA IN DINAMIKA PERIFITONSKE ZDRUŽBE V REKI SAVINJI V URBANEM OKOLJU
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	XV, 89 str., 33 sl., 13 pril., 74 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Preučevali smo, kako se v različnih sezonah spreminja perifitonska združba na odseku reke Savinje, ki teče skozi širše območje mesta Celje. Sezonsko smo spremljali razlike v vrstni sestavi in diverziteti perifitonske združbe. Spremljali smo tudi longitudinalne spremembe različnih abiotskih dejavnikov ter njihov vpliv na vrstno sestavo in diverzitetu perifitona. Na približno 10 km dolgem odseku smo izbrali tri vzorčna mesta. Izvedli smo tri vzorčenja, in sicer poletno v septembru, zimsko v decembru in spomladansko v marcu. Perifiton smo vzorčili kvantitativno, po metodi pobiranja kamnov in strganja perifitona s skalpelom in ščetko. Ob vsakem vzorčenju smo spremljali tudi hidrološke, kemijske in fizikalne parametre. Od višjih taksonov alg so vse leto prevladovale kremenaste alge, po deležu pa so jim sledile zelene alge in cianobakterije. Perifitonska združba se je sezonsko spreminjala, prav tako pa tudi parametri, ki smo jih merili ob vsakem vzorčenju. Na podlagi koncentracije klorofila <i>a</i> in suhe mase smo sklepali o biomasi perifitona. Prikazali smo tudi taksonomsko sestavo vzorcev perifitona in abundanco posameznih taksonov. S Shannon-Wienerjevim diverzitetnim indeksom smo ocenili diverzitetu perifitonske združbe, na podlagi saprobnega indeksa pa smo določili kakovost vode. Podobnost v vrstni sestavi perifitonske združbe med posameznimi vzorčnimi mesti in sezonami smo določili s pomočjo Bray-Curtisovega in Sørensenovega indeksa in jo grafično predstavili z dendrogrami. Rezultati so pokazali, da se je perifitonska združba spreminjala sezonsko, kot tudi med posameznimi vzorčnimi mesti, hkrati pa so se spreminjali tudi abiotski dejavniki. Na podlagi analiz združb kremenastih alg in vseh perifitonskih alg smo ugotovili, da je preučevani odsek Savinje malo do zmerno obremenjen z organskimi snovmi, obremenjenost s hranili pa je bila povečana le na vzorčnem mestu S3. Vpliv mesta Celje na reko Savinjo je manjši kot smo pričakovali.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dd
 DC UDK 574:561.261(497.4)(043.2)=163.6
 CX Periphyton/Savinja/Bacillariophyceae/bioindicator/water quality
 AU ČATORIČ, Doroteja
 AA TOMAN, J. Mihael (supervisor)/ZELNIK, Igor (co-advisor)
 PP SI-1000 Ljubljana, Večna pot 111
 PB University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of biology
 PY 2013
 TI DIVERSITY AND DYNAMICS OF PERIPHYTON COMMUNITY IN RIVER SAVINJA IN AN URBAN ENVIRONMENT
 DT Graduation thesis, University studies
 NO XV, 89 p., 33 fig., 13 ann., 74 ref.
 LA sl
 AL sl/en
 AB We studied the changes in periphyton community in the river Savinja on its way through the urban environment of the town Celje in different seasons. We analysed seasonal differences in species composition and diversity of periphyton community. We also studied longitudinal changes in the various abiotic factors and their impact on species composition and diversity of periphyton community. We selected three sampling sites within a 10 km long section. We conducted summer sampling in September, winter sampling in December and spring sampling in March. Periphyton was sampled quantitatively according to the method of collecting stones and scraping the periphyton with a scalpel and a brush. We also measured hydrological, chemical and physical parameters during each sampling. Among the higher taxa diatoms dominated all year, followed by green algae and cyanobacteria. Periphyton community changed through the season and so did the measured factors. On the base of the chlorophyll *a* concentration and dry mass we determined the biomass of the periphyton. We also presented the taxonomic composition of periphyton samples and abundance of individual taxa. We estimated diversity of periphyton community with Shannon-Wiener diversity index and determined the quality of water on the base of saprobic index. With Trophic index we determined which sampling sites were most loaded with nutrients. Similarity of the species composition between sampling sites and/or seasons was calculated with Bray-Curtis and Sørensen indices and presented with dendrograms. Our results showed that periphyton community changed seasonally and between the sampling sites, at the same time abiotic parameters were also changing. On the base of the analyses of diatoms and other periphytic algae we found out that the studied reach of the river Savinja is slightly to moderately loaded with organic matter, while the Trophic index was raised only on the site S3. The impact of the town Celje to the river Savinja was weaker than we expected.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO SLIK	X
KAZALO PRILOG	XIII
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	XV
1 UVOD	1
1.1 HIPOTEZE IN NAMEN NALOGE.....	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 VODOTOK SAVINJA.....	3
2.1.1 Splošne značilnosti vodotoka Savinja	3
2.1.2 Obremenjenost vzorčenega odseka Savinje	3
2.2 ČISTILNA NAPRAVA CELJE	5
2.2.1 Vpliv čistilne naprave Celje na okolje	6
2.3 PERIFITON.....	6
2.3.1 Definicija	6
2.3.2 Sistematska delitev alg	7
2.3.2.1 Cyanophyta (Cyanobacteria) (cianobakterije, cianofiti, cianoficeje, modrozelen alge, modrozeleno cepljivke).....	7
2.3.2.2 Euglenophyta - evglenofiti	8
2.3.2.3 Dinophyta (Pyrrophyta) – ognjene alge	8

Čatorič D. Diverziteteta in dinamika perifitonske združbe v reki Savinji v urbanem okolju.
Dipl. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za biologijo, 2013

2.3.2.4 Chlorophyta – zelene alge	8
2.3.2.5 Heterocontophyta: Chrysophyceae – zlatorjave alge	9
2.3.2.6 Xantophyceae – rumene alge.....	9
2.3.2.7 Bacillariophyceae (Diatomeae) – kremenaste alge, diatomeje.....	10
2.3.2.8 Rhodophyta – rdeče alge	10
2.3.3 Delitev perifitona glede na podlago.....	11
2.3.3.1 Epilitske alge	11
2.3.3.2 Epipelične alge	12
2.3.3.3 Epifitske alge	12
2.3.4 Dejavniki, ki uravnavajo rast in razvoj perifitona.....	12
2.3.4.1 Abiotski dejavniki, ki vplivajo na strukturo in funkcijo perifitona	12
2.3.4.2 Biotski dejavniki, ki vplivajo na strukturo in funkcijo perifitona	21
2.3.5 Uporaba perifitona pri ocenjevanju kakovosti voda.....	23
3 MATERIAL IN METODE.....	26
3.1 IZBIRA VZORČNIH MEST IN ČAS VZORČENJA	26
3.2 MERITVE HIDROMORFOLOŠKIH PARAMETROV	29
3.2.1 Globina	29
3.2.2 Hitrost vodnega toka in pretok.....	29
3.2.3 Substrat	30
3.3 FIZIKALNE MERITVE IN KEMIJSKE ANALIZE.....	30
3.4 BIOLOŠKE ANALIZE	31

3.4.1 Vzorčenje perifitona	31
3.4.2 Priprava vzorcev perifitonskih alg za pregledovanje (kvantitativen vzorec)	32
3.4.2.1 Priprava in pregledovanje vzorcev kremenastih alg.....	32
3.4.2.2 Priprava in pregledovanje vzorcev vseh alg	33
3.4.3 Merjenje suhe mase vzorcev perifitona	33
3.4.4 Merjenje klorofila <i>a</i>.....	34
3.5 STATISTIČNE ANALIZE	35
3.5.1. Relativna abundanca.....	35
3.5.2. Saprobní indeks	35
3.5.3 Trofični indeks po Rottu	36
3.5.4 Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks	37
3.5.5. Sørensen-ov indeks podobnosti	37
3.5.6. Bray-Curtisov koeficient podobnosti.....	38
4 REZULTATI.....	39
4.1 REZULTATI HIDROMORFOLOŠKIH PARAMETROV	39
4.1.1 Povprečna globina vode in širina struge.....	39
4.1.2 Pretok.....	39
4.1.3 Hitrost vodnega toka	40
4.1.4 Substrat	41
4.1.4.1 Anorganski substrat	41
4.1.4.2 Organski substrat	42

Čatorič D. Diverziteteta in dinamika perifitonske združbe v reki Savinji v urbanem okolju.
Dipl. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za biologijo, 2013

4.2 REZULTATI FIZIKALNIH MERITEV IN KEMIJSKIH ANALIZ.....	45
4.2.1 Temperatura vode	45
4.2.2 Koncentracija v vodi raztopljenega kisika in nasičenost vode s kisikom.....	45
4.2.3 Elektroprevodnost	47
4.2.5 Skupne raztopljene snovi (TDS).....	47
4.2.4 pH.....	48
4.2.6 Koncentracija nitratov	49
4.2.7 Koncentracija ortofosfatov	49
4.3 REZULTATI BIOLOŠKIH ANALIZ.....	50
4.3.1 Suha masa vzorca	50
4.3.2 Količina klorofila <i>a</i>	50
4.3.3 Analiza združbe perifitonskih alg	51
4.3.3.1 Vzorčno mesto S1.....	53
4.3.3.2 Vzorčno mesto S2.....	54
4.3.3.3 Vzorčno mesto S3.....	55
4.4 SAPROBNI INDEKS.....	56
4.5 TROFIČNI INDEKS PO ROTTU.....	58
4.6 SHANNON-WIENERJEV DIVERZITETNI INDEKS.....	59
4.7 KLASTRSKI ANALIZI ZDRUŽB PERIFITONSKIH ALG.....	61
5 RAZPRAVA.....	65
6 SKLEPI	81

Čatorič D. Diverziteteta in dinamika perifitonske združbe v reki Savinji v urbanem okolju.
Dipl. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za biologijo, 2013

7 POVZETEK..... 83

8 LITERATURA 85

ZAHVALA

PRILOGE

KAZALO SLIK

Slika 1: Lokacija čistilne naprave Celje (vir: http://www.vo-ka-celje.si/dejavnosti/ciscenje-odpadnih-vod/cistilne-naprave/cn-celje)	5
Slika 2: Prvo vzorčno mesto Petriček (S1)	27
Slika 3: Drugo vzorčno mesto Polule (S2)	28
Slika 4: Tretje vzorčno mesto Brstnik (S3)	29
Slika 5: Primer kamna s postrgano obrastjo v okolici polj (poletno vzorčenje).....	32
Slika 6: Priprava vzorcev klorofila.....	34
Slika 7: Povprečna globina vode (cm) od koder smo vzeli vzorčene kamne na vseh vzorčnih mestih ob različnih datumih vzorčenja.	39
Slika 8: Pretok vode (m ³ /s) na različnih mestih ob različnih datumih vzorčenja.....	40
Slika 9: Povprečna hitrost vodnega toka na mestu, kjer smo pobrali kamne na vseh vzorčnih mestih ob različnih datumih vzorčenja.	41
Slika 10: Deleži anorganskega substrata na različnih mestih vzorčenja na reki Savinji.	42
Slika 11: Deleži organskega substrata na različnih vzorčnih mestih dne 6. 9. 2011.....	43
Slika 12: Deleži organskega substrata na različnih vzorčnih mestih dne 8. 12. 2011.....	43
Slika 13: Deleži organskega substrata na različnih vzorčnih mestih dne 29. 3. 2012.....	44
Slika 14: Temperatura vode (°C) na vseh vzorčnih mestih ob različnih datumih vzorčenja na Savinji.	45
Slika 15: Koncentracija raztopljenega kisika (mg/L) na vseh vzorčnih mestih in ob različnih datumih vzorčenja na Savinji.	46
Slika 16: Nasičenost vode s kisikom (%) na vseh vzorčnih mestih in ob različnih datumih vzorčenja na Savinji.....	46

Slika 17: Elektroprevodnost vode ($\mu\text{S}/\text{cm}$) na vseh vzorčnih mestih in ob različnih datumih vzorčenja na Savinji.....	47
Slika 18: Skupne raztopljene snovi (mg/L) na vseh vzorčnih mestih in ob različnih datumih vzorčenja na Savinji.....	48
Slika 19: pH vrednosti na vseh vzorčnih mestih in ob različnih datumih vzorčenja na Savinji.....	48
Slika 20: Koncentracija nitratnih ionov (mg/L) na vseh vzorčnih mestih in ob različnih datumih vzorčenja na Savinji.	49
Slika 21: Suha masa vzorcev (mg/cm^2) na vseh vzorčnih mestih in ob različnih datumih vzorčenja na Savinji.....	50
Slika 22: Količina klorofila <i>a</i> (mg/cm^2) na vseh vzorčnih mestih in ob različnih datumih vzorčenja na Savinji.....	51
Slika 23: Spreminjanje deležev taksonomskih skupin alg v združbi perifitona dolvodno, dne 6. 9. 2011	52
Slika 24: Spreminjanje deležev taksonomskih skupin alg v združbi perifitona dolvodno, dne 8. 12. 2011	52
Slika 25: Spreminjanje deležev taksonomskih skupin alg v združbi perifitona dolvodno, dne 29. 3. 2012	53
Slika 26: Vrednosti saprobnega indeksa, izračunanega na podlagi prisotnih kremenastih alg, na različnih vzorčnih mestih ob različnih datumih vzorčenja na vodotoku Savinja. ...	57
Slika 27: Vrednosti saprobnega indeksa, izračunanega na podlagi prisotnosti vseh alg, na različnih vzorčnih mestih ob različnih datumih vzorčenja na vodotoku Savinja.	58
Slika 28: Vrednosti trofičnega indeksa po Rottu (1999) na različnih vzorčnih mestih na vodotoku Savinja ob različnih datumih vzorčenja.	59
Slika 29: Vrednosti Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa na različnih vzorčnih mestih na vodotoku Savinja ob različnih datumih vzorčenja.	60

Čatorič D. Diverziteteta in dinamika perifitonske združbe v reki Savinji v urbanem okolju.
Dipl. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za biologijo, 2013

Slika 30: Klastrska analiza narejena z UPGMA metodo klastriranja na osnovi združbe kremenastih alg v vodotoku Savinja z uporabo Bray-Curtisovega koeficienta podobnosti. 62

Slika 31: Klastrska analiza narejena z UPGMA metodo klastriranja na osnovi združbe kremenastih alg v vodotoku Savinja z uporabo Sørensenovega indeksa podobnosti. 63

Slika 32: Klastrska analiza narejena z UPGMA metodo klastriranja na osnovi združbe vseh alg v vodotoku Savinja z uporabo Bray-Curtisovega koeficienta podobnosti. 64

Slika 33: Klastrska analiza narejena z UPGMA metodo klastriranja na osnovi združbe vseh alg v vodotoku Savinja z uporabo Sørensenovega indeksa podobnosti. 64

KAZALO PRILOG

- Priloga A:** Umestitev izbranega odseka na reki Savinji z vsemi tremi vzorčnimi mesti v geografsko karto.
- Priloga B:** Razvrstitev anorganskega substrata po velikosti delcev (A) in razdelitev organskih substratov (B) (po AQEM, 2002; vir Urbanič in Toman, 2003).
- Priloga C:** Vrednosti saprobnega indeksa in pripadajoči kakovostni razredi (vir: Urbanič in Toman, 2003).
- Priloga D:** Določitev stopnje trofije vodnega telesa na podlagi izračunanega trofičnega indeksa po Rottu (1999) (Vir: Rott in sod., 1999).
- Priloga E:** Kakovost vodnega okolja v odvisnosti od vrednosti Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa (vir: Urbanič in Toman, 2003).
- Priloga F:** Deleži anorganskega (A) in organskega substrata (B, C, D) na posameznih vzorčnih mestih ob različnih datumih vzorčenja.
- Priloga G:** Delež vrst (%) iz posamezne skupine alg na posameznih vzorčnih mestih ob različnih datumih vzorčenja.
- Priloga H:** Delež vrst (%) kremenastih alg na posameznih vzorčnih mestih ob različnih datumih vzorčenja.
- Priloga I:** Delež vrst (%) vseh alg na posameznih vzorčnih mestih ob različnih datumih vzorčenja.
- Priloga J:** Vrednosti saprobnega indeksa na posameznih vzorčnih mestih ob različnih datumih vzorčenja, izračunane na podlagi kremenastih alg (A) in vseh ugotovljenih alg (B). Ocena kakovosti voda za posamezna vzorčna mesta na podlagi vrednosti saprobnega indeksa izračunanega na podlagi kremenastih alg (C) in vseh alg(D).
- Priloga K:** Vrednosti trofičnega indeksa po Rottu (1999) na posameznih vzorčnih mestih ob različnih datumih vzorčenja, izračunane na podlagi kremenastih (A) alg ter pripadajoče stopnje trofije (B).
- Priloga L:** Vrednosti Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa izračunanega na podlagi kremenastih alg na posameznih vzorčnih mestih ob različnih datumih vzorčenja.

Čatorič D. Diverziteteta in dinamika perifitonske združbe v reki Savinji v urbanem okolju.
Dipl. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za biologijo, 2013

Priloga M: Kode vzorčnih mest in oznak v dendrogramih narejenih na osnovi Bray-Curtisovega in Sørensenovega indeksa na slikah 30, 31, 32 in 33.

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

A	relativna pogostost/abundanca
AQEM	Assessment System for the Ecological Quality of Streams and Rivers throughout Europe using Benthic Macroinvertebrates
ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje
CČN	Centralna čistilna naprava
CO ₂	ogljikov dioksid
CO ₃ ²⁻	karbonatni ion
CPOM	večji organski delci
FPOM	manjši organski delci
H'	Shannon-Wienerjev diverziteni indeks
HCO ₃ ⁻	hidrogenkarbonatni ion
S _{BC}	Bray-Curtisov indeks podobnosti
SI	saprobni indeks
TDS	skupne raztopljene snovi
Vse alge	Kremenaste alge, zelene alge in cianobakterije

1 UVOD

Vse prevečkrat slišimo, da je voda prekomerno onesnažena. V kmetijstvu se uporabljajo velike količine gnojil ter sredstev za zatiranje škodljivcev in plevelov, ki se spirajo v vode. Pomembno vlogo pri onesnaženju imajo tudi ceste in urbane površine, s katerih se lahko spirajo nevarne kemikalije. Zaradi hitre rasti prebivalstva, urbanizacije, širjenja idustrije in intenzivnega kmetijstva je ogrožena kakovost voda. Posamezne odseke rek namreč obremenjujejo prevelike količine industrijskih in komunalnih odpadkov in so zato znatno prekomerno onesnaženi. Onesnaženje je najbolj izrazito v severovzhodnem delu Slovenije in v okolici Celja (Dobnikar Tehovnik, 2008).

Oblikovali smo merila in postopke, s katerimi preverjamo kakovost voda in na ta način zagotavljamo neposredno kontrolo vodnih teles in njihovo uporabnost. Vrednotenje kakovosti voda predstavlja celoten proces vrednotenja fizikalnih, kemijskih in biotskih značilnosti vode glede na človekove vplive ter predvideno rabo. Najpopolnejšo predstavo o kakovosti vodnega telesa dobimo z istočasno izvedenimi fizikalnimi, kemijskimi in biološkimi analizami. Pri tem fizikalne in kemijske analize prikažejo trenutno stanje voda, medtem ko z biološkimi metodami ugotavljamo posledično stanje, ki je rezultat vpliva vseh abiotskih in biotskih dejavnikov na prisotne življenjske združbe (Urbanič in Toman, 2003).

Združba perifitonskih alg predstavlja začetek prehranjevalne verige v tekočih vodah, se hitro odziva na spremembe v okolju in predstavlja podlago in zatočišče številnim vodnim organizmom (Smolar-Žvanut, 2001). Zato smo za vrednotenje kakovosti voda uporabili perifitonsko združbo alg oziroma fitobentos. V večini primerov onesnaževanja voda prihaja do osiromašenja algnih vrst in do kvantitativnega povečanja tistih, ki so bolj prilagojene določenim spremembam v ekosistemu. Z zmanjšanim onesnaženjem lahko dokaj hitro povrnemo pestrost ekosistema (Vrhovšek in sod., 2006).

1.1 HIPOTEZE IN NAMEN NALOGE

Na preučevanem odseku reka Savinja teče skozi širše območje mesta Celje in je tako podvržena številnim vplivom prispevnega območja, kjer se nahajajo različni industrijski obrati, intenzivno obdelovane kmetijske površine in centralna čistilna naprava.

Namen diplomske naloge je bil ugotoviti kako se sezonsko spreminja perifitonska združba v reki Savinji na območju Celja in kako okoljski dejavniki vplivajo nanjo.

Cilji naloge so bili sezonsko spremljanje razlik v vrstni sestavi in diverziteti perifitonske združbe ter sočasno spremljanje longitudinalnih sprememb različnih abiotskih dejavnikov ter njihovega vpliva na vrstno sestavo in diverzitetu perifitona.

Hipoteze

Predpostavili smo, da bodo razlike v vrstni sestavi in diverziteti perifitonske združbe večje med sezonami kot pa med vzorčnimi mesti zaradi degradiranosti okolja po celotni dolžini preučevanega odseka Savinje.

Predvidevali smo, da bo stopnja obremenjenosti vodotoka na vzorčnih mestih Polule in Brstnik večja v primerjavi z vzorčnim mestom Petriček, zaradi njune neposredne lege dolvodno od mesta Celje in pritokov z industrializiranega območja ter iztoka iz Centralne čistilne naprave Celje.

2 PREGLED OBJAV

2.1 VODOTOK SAVINJA

2.1.1 Splošne značilnosti vodotoka Savinja

Savinja je 102 km dolga reka, ki teče izključno po ozemlju Slovenije. Izvira v Kamniško-Savinjskih Alpah, teče prek Celjske kotline, se južno od Celja po ozki debri prebija skozi Posavsko hribovje do Zidanega Mosta in se kot levi pritok izliva v Savo. Porečje meri 1848 km², kar je skoraj desetina površine Slovenije (Badovina in sod., 1997)

Na območju Celja je ena največjih sovodenj v Sloveniji, kjer se izlivajo v Savinjo Voglajna s Hudinjo in Koprivnico ter Ložnica s Pirešico in Sušnico. Tik pod Celjem Savinja v ostrem kolenu zavije proti jugu v ozko dolino skozi Posavsko hribovje proti reki Savi (Voglar, 1996). Tukaj se stikajo trije tipi vod: alpska Savinja, predalpska Hudinja in subpanonska Voglajna (Badovina in sod., 1997). Ob močnem in daljšem deževju Savinja ne more sproti odvajati vode, zato se tu pojavljajo katastrofalne poplave (Voglar, 1996). Nanje v precejšnji meri vpliva človek s krčenjem gozda in pozidavo obsežnih zemljišč, kar pospešuje vodni odtok. (Badovina in sod., 1997). Z obsežno regulacijo v zadnjih desetletjih so poplave precej omejili, ne pa odpravili (Voglar, 1996).

Savinja je vodnata reka, ki odmaka območja z obilnimi padavinami (Kamniško-Savinjske Alpe in Karavanke). Skoraj v vsem toku je hudourniška reka s povprečnim strmecem 5,7‰ (Voglar, 1996). Zanj je značilen dežno-snežni režim z najvišjimi vodami novembra in maja, najnižji vodostaj pa ima poleti in pozimi (Perko in Orožen Adamič, 1998).

2.1.2 Obremenjenost vzorčenega odseka Savinje

Celjska kotlina je gospodarsko razvita, močno degradirana, industrializirana in urbanizirana pokrajina. Obrati kovinske, kemične, tekstilne, lesnopredelovalne, prehranske industrije in drugih dejavnosti so danes razkropljeni po 30 savinjskih naseljih. Številni industrijski obrati, še zlasti na območju Celja, precej onesnažujejo okolje (Perko in Orožen Adamič, 1998).

Tik pod Celjem se pred vzorčnim mestom Polule v Savinjo izteka reka Voglajna, ki ima vlogo glavne odvodnice komunalnih in industrijskih odplak mesta Celja in bližnjih naselij in neposredno vpliva na lastnosti reke Savinje (Toman, 2007). Leta 1976 sta Štern in Förstner opravila prve raziskave sedimenta v reki Hudinji, Voglajni in Savinji. Rezultati so pokazali, da je Voglajna ena najbolj onesnaženih rek v Sloveniji, saj sta bili koncentraciji kroma (Cr) in cinka (Zn) povečani za kar stokratni faktor (Frančičković-Bilinski, 2006). Slabo kemijsko stanje Voglajne v Celju je bilo določeno zaradi presežanja vrednosti Zn, čeprav so se emisije cinka po podatkih iz leta 2006 zmanjšale. Previsoka obremenitev z Zn je posledica neposrednega izpusta industrijskih odpadnih voda Cinkarne Celje (Dobnikar Tehovnik, 2008). Žibret (2002) je pri vzorčenju podstrešnega prahu in tal na območju Celja ugotovil veliko obremenjenost okolja s težkimi kovinami, predvsem s Cd in Zn. To je posledica 100-letne predelave sfaleritne rude v Cinkarni Celje (Žibret, 2002).

Zaradi obratovanja številnih komunalnih in industrijskih čistilnih naprav ter opuščanja starih proizvodenj se stanje vodotokov v celjski kotlini zadnjih 10 let izboljšuje. Opazno je izboljševanje Savinje iz tretjega proti drugemu kakovostnemu razredu, še vedno pa so posamezni lokalni odvodniki kot sta Hudinja in Voglajna, prekomerno onesnaženi (Grilc, 2010).

V Sloveniji program spremljanja stanja vodnih teles poteka v skladu z zahtevami direktive o vodah od leta 2007 dalje. Z uvedbo direktive o vodah so se spremenili tudi kriteriji in način ocenjevanja stanja rek, zato sedanje ocene niso primerljive z ocenami pred letom 2006 (Uhan in sod., 2010). Rezultati monitoringa kažejo, da je od leta 2006 do leta 2010 kemijsko stanje reke Savinje na mestih Medlog in Brstnik dobro. Enako velja tudi za Voglajno, le da so leta 2009 izmerili večje količine sulfata, vendar se je stanje do leta 2010 izboljšalo (Cvitanič in sod., 2012).

Del nove politike zahteva tudi nov pristop k vrednotenju površinskih voda. V novem pristopu vodna telesa obravnavamo kot ekosisteme in vrednotimo ekološko stanje. Prva ocena kemijskega in ekološkega stanja površinskih voda ter količinskega in kemijskega stanja podzemnih voda v skladu z Vodno direktivo je bila v Sloveniji izdelana v letu 2009. Ekološko stanje se razvršča v pet razredov kakovosti: zelo dobro, dobro, zmerno, slabo in

zelo slabo. Ocenjevanje poteka na osnovi bioloških elementov kakovosti (bentoški nevretenčarji, fitobentos in makrofiti), kemijskih in fizikalno-kemijskih elementov, ki podpirajo biološke elemente kakovosti (splošni fizikalno-kemijski elementi, posebna onesnaževala) in hidromorfoloških elementov, ki podpirajo biološke elemente kakovosti. Glede na modul saprobnosti je bilo v reki Savinji na merilnem mestu Medlog v letih 2009 in 2010 določeno zelo dobro ekološko stanje. Za reko Voglajno, ki se izteka v Savinjo pa je bilo določeno dobro ekološko stanje (Cvitanič in sod., 2011).

2.2 ČISTILNA NAPRAVA CELJE

Z namenom izboljšanja kvalitete okolja se je Mestna občina Celje odločila za gradnjo čistilne naprave za odpadne vode Celja in okoliških naselij. Čistilna naprava je locirana severovzhodno od naselja Tremerje. Območje čistilne naprave obsega 26.000 m² in leži tik pred stičiščem železniške proge Zidani Most – Celje in lokalne ceste Celje – Laško na levem bregu Savinje. V obstoječem stanju se večina celjskih odpadnih vod zbira v dveh glavnih kolektorjih, ki se v združitvenem objektu na sotočju Savinje in Voglajne združita v glavni zbiralnik, ki poteka po levem bregu Savinje do lokacije čistilne naprave. Čistilna naprava Celje je zgrajena za obremenitev 85.000 priključnih enot. (Čistilna naprava..., 2010)



Slika 1: Lokacija čistilne naprave Celje (vir: <http://www.vo-ka-celje.si/dejavnosti/ciscenje-odpadnih-vod/cistilne-naprave/cn-celje>)

2.2.1 Vpliv čistilne naprave Celje na okolje

V čistilni napravi Celje zatrjujejo, da obratovanje čistilne naprave nima negativnih učinkov na okolje. Pozitivni učinki ČNC so zaznavni v izboljšani kakovosti reke Savinje in Save, negativni vplivi so omejeni na območje ČNC ali na njeno neposredno okolico. Hrup, ki ga povzroča čistilna naprava v obratovanju, je manjši kot je hrup, ki ga povzroča železnica. Obratovanje ČNC je zmanjšalo obremenjevanje okolja z odpadnimi vodami, pri tem pa ni bistveno prizadelo drugih sestavin okolja (Čistilna naprava..., 2010).

2.3 PERIFITON

2.3.1 Definicija

S pojmom perifiton označujemo združbo avtotrofnih in heterotrofnih, predvsem mikroskopskih organizmov v vodah, ki so stalno ali občasno pritrjeni na substrat v vodnih telesih. Perifiton je prisoten v vodotokih in v litoralju stoječih voda. Združbo predstavljajo primarni producenti (predvsem diatomeje zelene alge, in cianobakterije), glive, protozoji (pretežno migetalkarji, bičkarji in korenonožci) ter mnogoceličarji (kotačniki, gliste in trebuhodlačniki). Najpomembnejši del perifitonske združbe predstavljajo alge, ki odražajo kemijske spremembe v okolju (Urbanič in Toman, 2003).

Biggs (2000) je perifiton opredelil kot tanko plast, ki jo najdemo na kamnih ali drugem stabilnem substratu v potokih in rekah. Večinoma je združba sestavljena iz alg, lahko pa vključuje tudi glive in bakterije. Po videzu se združba lahko močno razlikuje, od tanke rjave ali zelene plasti do debelejših, temno obarvanih blazinic ali mase plavajočih zelenih ali rjavih filamentov (Biggs in Kilroy, 2000). Perifiton ali bentoške alge so alge, ki so pritrjene na substrat. Diatomeje, zelene alge in cianobakterije predstavljajo večino vrst, ki jih uvrščamo med perifiton (Allan in Castillo, 2007). Wetzel (2001) je perifitonsko združbo definiriral kot združbo alg, bakterij in gliv, anorganskega in organskega detritusa, ki je pritrjena na organski ali anorganski substrat, ki je lahko živ ali neživ.

Pri pisanju diplomske naloge smo se osredotočili na vse tipe alg in cianobakterij, ki rastejo na podlagi in so stalno ali občasno pritrjeni nanjo. V nadaljevanju uporabljen izraz za perifiton velja le za alge, ki so stalno ali občasno pritrjene na podlago.

2.3.2 Sistematska delitev alg

Alge so zelo heterogena skupina, katere predstavniki so se najverjetneje večkrat neodvisno razvili iz neavtotrofnih prednikov, a jih zaradi morfološke, fiziološke in ekološke podobnosti obravnavamo skupaj. Zato tej skupini ne prisojamo formalnega taksonomskega ranga (npr. podkraljestvo ali naddeblo). V diplomski nalogi smo alge razdelili v višje taksonomske skupine po Jogan (2001). Za klasifikacijo alg so najpomembnejše biokemijske značilnosti: struktura fotosintetskih pigmentov, založnih snovi, lokomotornih organov (biček) in celične stene (Vrhovšek, 1985; Jogan, 2001).

2.3.2.1 Cyanophyta (Cyanobacteria) (cianobakterije, cianofiti, cianoficeje, modrozeleni alge, modrozeleni cepljivke)

Modrozeleni alge so aerobne fototrofne bakterije s prokariontsko organizacijo. So skoraj gotovo najstarejši fotoavtotrofni organizmi na Zemlji. Pojavili naj bi se pred približno 3 milijardami let in ustvarili zadostno količino atmosferskega kisika za razvoj aerobnih organizmov. Vsebujejo barvila klorofil *a*, beta karoten, ksantofile in fikobiline. Pojavljajo se v kokalni, kapsalni in nitasti organizacijski obliki. Predvsem pri nekaterih nitastih vrstah se pojavljajo posebne celice heterociste, v katerih v anaerobnem okolju poteka fiksacija atmosferskega dušika. Zasedajo najrazličnejše ekološke niše, največ predstavnikov pa najdemo v sladki vodi in v prsti. Številne vrste živijo v simbiozi z drugimi organizmi. V organsko onesnaženih stoječih vodah se lahko tako namnožijo, da povzročijo t.i. cvetenje jezer. Edini razred modrozelenih alg so Cyanophyceae, ki ga razdelimo v tri redove: Chroococcales, Oscillatoriales in Hormogonales (Jogan, 2001).

2.3.2.2 Euglenophyta - evglenofiti

To so večinoma gibljive enocelične alge. Pri nekaterih vrstah pa so v kloroplastih lahko tudi pirenoidi, ki so skladišča rezervnih snovi. Vsebujejo klorofila *a* in *b*, beta karoten ter nekatere ksantofile. Številne vrste so lahko miksotrofi ali heterotrofi. Lahko se pojavljajo v bičkastem organizacijskem nivoju, večinoma pa so prostoplavajoči enoceličarji, ki lahko tvorijo galertaste kolonije. Večinoma imajo do 3 bičke. Nimajo celične stene, številne pa obdaja proteinska pelikula ali periplast. Razmnožujejo se vegetativno z vzdolžno delitvijo ter spolno z izogamijo. So sladkovodni, večinoma pa se pojavljajo v organsko onesnaženih vodah. (Vrhovšek, 1985; Jogan, 2001; Wetzel, 2001).

2.3.2.3 Dinophyta (Pyrrophyta) – ognjene alge

V tej skupini prevladujejo enocelične, gibljive alge, ki so splošno razširjene v fitoplanktonu sladkih, brakičnih in morskih voda. Večina vrst se prehranjuje heterotrofno, nekateri od njih so sekundarno avtotrofni, pogosta je miksotrofija. Celice imajo po dva različno zgrajena bička. Njihova celična stena je sestavljena iz celuloznih ploščic, ki se zasnujejo pod plazmalemo ali pa je nimajo. Vsebujejo klorofila *a* in *c*, beta karoten ter nekatere ksantofile. Razmnožujejo se predvsem vegetativno z delitvijo celic ali pa nespolno z zoosporami ali aplanosporami. Zelo redko je prisotno tudi spolno razmnoževanje. Večinoma se pojavljajo bičkasti organizacijski nivoji. Nekateri predstavniki lahko povzročijo cvetenje voda in ob masovni namnožitvi izločajo močne strupe (Vrhovšek 1985; Jogan, 2001).

2.3.2.4 Chlorophyta – zelene alge

Zelene alge so precej velika (približno 1500 vrst) in pestra skupina, ki kaže po biokemičnih značilnostih in ultrastrukturi sorodnost z višjimi rastlinami. Vsebujejo klorofila *a* in *b*, karotene in različne ksantofile. Celična stena nastaja zunaj plazmaleme in je iz celuloze, pektinov in glikoproteinov. Razmnožujejo se z različnimi tipi spolnega razmnoževanja, prisotno je tudi nespolno in vegetativno razmnoževanje ter prerod. Večinoma so haplonti, nekaj je tudi haplodiplontov. Vsi predstavniki so avtotrofi (Jogan, 2001). Pojavljajo

se vsi organizacijski nivoji (bičkasti, kokalni, kapsalni, nitasti in cevasti) razen parenhimatskega. V glavnem živijo v celinskih vodah, okoli 10 % jih živi v morju. Pogosto se povezujejo z drugimi organizmi, tako avtotrofnimi kot heterotrofnimi (simbionti, paraziti, epifiti). Tradicionalno jih razdelimo v tri razrede: Chlorophyceae, Zygnematophyceae in Charophyceae. Sodobne delitve, ki temeljijo na novih evolucijsko pomembnih znakih pa delijo zelene alge v številne nove razrede (Vrhovšek 1985; Jogan, 2001).

2.3.2.5 Heterocontophyta: Chrysophyceae – zlatorjave alge

Za te alge je značilna zlatorjava obarvanost zaradi dominance beta karotena in specifičnih ksantofilov, predvsem fukoksantina. Poleg teh barvil pa vsebujejo še klorofila *a* in *c*. posebnost teh alg je, da imajo kot rezervno snov krizolaminarin in namesto škroba maščobe (olja). Celična stena je bogata s pektinom in večkrat okrepljena s silicijem, pod plazmalemo pa so lahko prisotne kremenaste luske. Bolj pogoste si gibljive enocelične ali kolonijske oblike, čeprav so znane tudi nitaste, kokalne in celo rizopodialne organizacijske oblike. Razmnožujejo se nespolno z zoosporami in aplanosporami, redko pa je razmnoževanje tudi spolno z izogamijo. Precej predstavnikov je miksotrofov, ki so sposobni fagotrofije. Pogostejši so v hladnejših čistih vodah, nekaj je tudi morskih predstavnikov (Vrhovšek, 1985; Jogan, 2001; Wetzel, 2001).

2.3.2.6 Xantophyceae – rumene alge

So enocelične, kolonijske ali filamentozne alge, ki imajo veliko vsebnost katonenoidov v primerjavi s klorofilom, kar jim daje značilno rumeno obarvanost. Večinoma vsebujejo klorofil *a*, redko pa tudi *c* in *e* ter ksantofile. Fukoksantina pri rumenih algah ni. Celična stena je pogosto odstotna, če pa je pristona je dvodelna iz celuloze in pektina, lahko je tudi okremenjena. Neugodne razmere preživijo kot spore. Organizacijski nivoji so predvsem kokalni in sifonalni, lahko pa tudi monadni, trihalni, kapsalni in rizopodijalni. Večinoma imajo 2 bička, od katerih je eden daljši. Nekateri rizopodijalni predstavniki so miksotrofi, večina vrst je avtotrofnih (Vrhovšek 1985; Jogan, 2001; Wetzel, 2001).

2.3.2.7 Bacillariophyceae (Diatomeae) – kremenaste alge, diatomeje

Med vsemi algami so kremenaste alge najbolj pogoste in kot skupina najlažje prepoznavne. Njihov pomen spoznamo, če vemo, da proizvedejo kremenaste alge 20 – 25 % celotne organske mase na Zemlji. Značilnost te skupine alg so silikatne, s kremenom prepojene dvodelne celične stene oz. lupinice. Celotna kremenasta hišica je bogato strukturirana, a številne strukture lahko vidimo šele pri velikih povečavah. Kremenasta lupinica diatomej je sestavljena iz dveh polovic. Večji pravimo epiteka, manjši pa hipoteka. Vsebujejo klorofila *a* in *c*, alfa in beta karoten ter različne ksantofile. Celična stena je v zasnovi pektinska, pod plazmalemo pa se kasneje zasnuje kremenasta lupinica. Precej vrst je fakultativnih heterotrofov. Organizacijski nivoji so predvsem kokalni, nekateri predstavniki pa lahko tvorijo rahle nitaste ali galertaste kolonije. Razmnožujejo se vegetativno z delitvijo. Ob delitvi celic vsaka novonastala celica dobi en del teke in manjkajoči del nadomesti hipoteko. Tako se velikost posameznih celic postopoma manjša in ob kritični velikosti, značilni za določeno vrsto, pride do spolnega razmnoževanja z izogamijo ali oogamijo. Nekateri predstavniki lahko lezejo po podlagi s prelivanjem citoplazme skozi žleb ali rafo v kremenasti lupinici. Naseljujejo vse vrste voda, najdemo jih tudi v vlažni zemlji, nekaj je simbiotskih vrst foraminifer. V tekočih in stoječih vodah so pomembni bioindikatorji. V sladki vodi se množično pojavljajo spomladi in jeseni. Predstavljajo primarni vir hrane zooplanktonu. Glede na simetričnost lupinice jih delimo na dva redova, Pennales in Centrales. Pri prvem so lupinice bilateralno, pri drugem pa radialno simetrične (Jogan, 2001; Vrhovšek 1985).

2.3.2.8 Rhodophyta – rdeče alge

So zelo stara skupina alg. V kloroplastih so prisotna barvila klorofil *a* in redkeje *d*, alfa in beta karoten, od ksantofilov predvsem lutein in zeaksantin ter fikobilini (fikocian in fikoeritrin), ki dajejo značilno rdečo barvo. Fikobilina sta sicer zgrajena drugače kot pri modrozelenih cepljivkah, a vse kaže, da so plastidi rdečih alg nastali iz simbiotsko povezanih modrozelenih cepljivk. Fikobilini omogočajo absorpcijo dolgovalovnih dolžin svetlobe kar jim omogoča fotosintezo v večjih globinah. Celična stena je večplastna, znotraj celulozna, zunaj pa pektinska. Pogosto je inkrustrirana s kalcijevim in

magnezijevim karbonatom. Razmnožujejo se nespolno z različnimi tipi aplanospor, s prerodom ali spolno z oogamijo. So avtotrofi. Nimajo aktivno gibljivih oblik, tudi spore in gamete so neobičkane. Pojavljata se dva organizacijska nivoja in sicer kokalni in trihalni. Predvsem so morske, najpogosteje jih najdemo v toplih morjih, nekaj rodov je sladkovodnih. Številne morske vrste so epifiti. (Vrhovšek, 1985; Jogan, 2001).

2.3.3 Delitev perifitona glede na podlago

Glede na vrsto podlage, perifiton delimo na številne podskupine, najpogosteje jih delimo na:

- epilitske alge (na skalah, kamenju, prodnikih)
- epipelične (na majhnih delcih, melju in glini)
- epifitske alge (na rastlinah)

Poleg zgoraj naštetih skupin poznamo še nekatere, npr. epizoične (na živalih), epimetalne (na kovinah), epipsamalne (na pesku) idr., ki zaradi količinske nepomembnosti njihove podlage v vodotokih nimajo pomembnejše vloge (Vrhovšek, 1985; Wetzel, 2001).

2.3.3.1 Epilitske alge

Epilitske alge rastejo na trdnem, relativno inertnem substratu kot so kamni, prodniki ter večje skale in je večji od večine alg (Stevenson in sod., 1996). Združbe epilitskih alg se razvijejo v tistih delih vodotokov, kjer je tok vode dovolj hiter, da preprečuje usedanje finih delcev. Alge se na podlagi obdržijo s pomočjo specifičnih mehanizmov za pritrjanje: posamezne celice alge *Ulothrix* imajo izrastke za pritrjanje vrste iz rodu *Cladophora* imajo rizoidalne izrastke na bazalni celici, kremenaste alge izločajo različne želatinozne snovi, ki omogočajo pritrjanje. Pri skupini Rhodophyta se talus tesno prilega na kamnite usedline. Pri manj trdih usedlinah lahko nekatere vrste delno (npr. rod *Gongrosira*) ali popolnoma (npr. rod *Shizothrix*) endolitsko prodrejo v kamne (Hynes, 1972).

2.3.3.2 Epipelične alge

To so alge, ki živijo na mehkih usedlinah v litoralju jezer in v območjih počasnega toka rek, kjer se odlagata pesek in mulj (Wetzel, 2001). Prilagojene so na drobne, premikajoče se usedline in so sposobne migracije v zaporednih ciklih, da zaradi prekritosti z usedlinami nadomestijo zmanjšanje svetlobe (Wetzel, 1983; cit. po Koren, 2009). Med epipeličnimi algami prevladujejo kremenaste alge, sledijo jim cianobakterije, pogoste so tudi vrste iz skupin Euglenophyta in Dynophyta (Smolar, 1992; Toman, 2009/10a).

2.3.3.3 Epifitske alge

Rastejo na rastlinah in na večjih algah, ki zagotavljajo relativno stabilen substrat in so večje od epifitskih alg, so metabolno aktivne in jim služijo kot vir nutrientov (Stevenson in sod., 1996). Najpogosteje naseljujejo liste in stebela potopljenih makrofitov, ki lahko tvorijo lokalno mikrookolje, kjer so zmanjšane hitrosti vodnega toka in manjša turbulenca vode (Reynolds, 1995). Uporabljajo se kot indikatorji kvalitete voda, saj so zelo občutljive na okoljske parametre (Uveges in Padisak, 2011).

2.3.4 Dejavniki, ki uravnavajo rast in razvoj perifitona

Na razvoj in zgradbo perifitonske združbe vplivajo mnogi abiotski in biotki dejavniki, ki so med seboj povezani in zavirajo ali pospešujejo rast združbe perifitona.

2.3.4.1 Abiotski dejavniki, ki vplivajo na strukturo in funkcijo perifitona

Abiotski dejavniki, ki vplivajo na prisotnost vrst in sestavo združbe perifitona so temperatura vode, svetlobne razmere, hitrost vodnega toka, tip substrata, kemijska sestava vode (pH, količina raztopljenega kisika in ogljikovega dioksida, slanost, trdota vode), stopnja organske obremenitve in toksičnost vodnega okolja.

2.3.4.1.1 Temperatura vode

V vseh vodnih okoljih na spremembo temperature najpomembneje vpliva neposredna absorpcija sončevega sevanja. Manj pomembna vira sta še oddajanje toplote iz usedlin in zraka (Urbanič in Toman, 2003). Temperatura vpliva na rast alg in s tem na njihovo biomaso in produkcijo. Odzivi alg na temperaturne spremembe so različni pri različnih vrstah alg, zato sprememba temperature vpliva tudi na sestavo perifitonske združbe (Allan in Castillo, 2007). Zaradi temperaturnih sprememb so značilne sezonske spremembe populacij, saj lahko opazimo večje število diatomej v hladnejšem delu leta in naraščajoče število različnih vrst alg z večanjem temperature vode (Wetzel, 2001). Z višanjem temperature vode je povezana tudi metabolna aktivnost organizmov. V toplejši vodi zvišana stopnja respiracije vodi v povečano privzemanje kisika in pospešeno dekompozicijo organskih snovi. Zviša se stopnja rasti, zaradi tega pa se poveča motnost vode. Pospešijo se kemijske reakcije in izhlapevanje, zmanjša pa se topnost nekaterih plinov (npr. O₂, CO₂) (Urbanič in Toman, 2003).

Minimalna temperatura pri kateri se pojavi fotosintezna aktivnost je odvisna od posamezne vrste alg. Za mnoge diatomeje je kritična temperatura pri približno 5 °C, za druge že pri 15 °C. Pri mnogih zelenih algah in cianobakterijah pa so potrebne še višje temperature za začetek fotosintezne aktivnosti (Wetzel, 2001). Kljub temu, da ima vsaka vrsta svoj temperaturni optimum, je več študij pokazalo, da diatomeje dominirajo pri temperaturah od 5 °C do 20 °C, zelene in rumene alge pri 15 °C do 30 °C in cianobakterije pri temperaturah nad 30 °C (Stevenson in sod., 1996).

Ker temperatura močno vpliva na mnoge pomembne dejavnike in procese v vodi, je zelo pomemben parameter pri določanju kakovosti voda. Za natančnejše razumevanje biotskih in kemijskih procesov v vodnem telesu je pogosto potrebno vzorčenje v različnih obdobjih leta (Urbanič in Toman, 2003). Vpliv temperature na perifiton je običajno izražen le pri ekstremnih vrednostih ekološkega dejavnika, v območju običajnih letnih nihanj temperature je vpliv temperature težko ločiti od vpliva svetlobe (Smolar, 1997).

2.3.4.1.2 Svetlobne razmere

Svetloba je pomemben okoljski dejavnik, ki vpliva na biomaso, strukturo združbe in primarno produkcijo bentoških alg (Allan in Castillo, 2007). Je bistvena spremenljivka za alge, saj jim omogoča fotosintezo. Ker je fotosinteza odvisna od količine svetlobe, lahko le ta vpliva na fiziologijo, rast populacij in zgradbo perifitonske združbe (Stevenson in sod., 1996).

Alge so podvržene ekstremnim svetlobnim režimom in se morajo soočiti z vrsto težav, ki jih povzroča omejujoča količina svetlobe. Te težave so: obstoj v fizično stisnjeni združbi, kjer prihaja do samosenčenja, senčenje zaradi makrofitov (terestričnih in vodnih), zmanjšana svetloba zaradi suspendiranih delcev in raztopljenih snovi v vodi, časovna in prostorska variabilnost svetlobe ter rast v razmeroma pritrjenem položaju pod potencialno zavirajočo vidno in ultravijolično svetlobo (Stevenson in sod., 1996).

Svetloba lahko vpliva tako na zgradbo perifitonske združbe kot na biomaso in produkcijo alg. Med posameznimi skupinami alg pa lahko prihaja do različnih odzivov na povečano oz. zmanjšano količino svetlobe. Zelene alge običajno uspevajo bolje pri večji osvetljenosti, cianobakterije in diatomeje pa za svojo rast potrebujejo manj svetlobe (Allan in Castillo, 2007). Dokaz za to je povečano število zelenih alg spomladi in zgodaj poleti, ko obrežna vegetacija še ni povsem razvita (Hynes, 1972). Za rdeče alge je značilno, da se pojavljajo v okoljih z manj svetlobe in so številčnejše v zasenčenih predelih vodotoka (Hynes, 1970; cit. po Stevenson, 1996).

2.3.4.1.3 Hitrost vodnega toka

Tokovi ustvarjajo pri bentoških algah kompleksne prostorske in časovne vzorce. Imajo stimulativen učinek na njihov metabolizem in povzročajo razraščanje filamentozne zelene alge *Cladophore*. Optimalna hitrost vodnega toka za alge je odvisna od dominantne vrste, koncentracije nutrientov in gostote alg na substratu (Stevenson in sod., 1996). Različne vrste postanejo dominantne ob različnih hitrostih toka (Hynes, 1972). Vodni tok stalno prinaša nove vire plinov in hranil zato povečuje rast alg s tem da poveča privzem hranil (Allan in Castillo, 2007). Veliko vrst potrebuje hitrejši tok, še posebej pri višjih

temperaturah, ko so koncentracije raztopljenih plinov (kisika in ogljikovega dioksida) nizke. Pri taksonih kot so *Oedogonium*, *Hydrurus foetidus*, *Cladophora glomerata* in *Batrachospermum* poteka fotosinteza ob večjih koncentracijah kisika v vodi hitreje, saj se dostopnost kisika v vodi veča s hitrejšim tokom (Hynes, 1972). Blum (1960) je ugotovil, da se *Diatoma vulgare* pojavlja le na manjšem območju preučevane reke, kjer je bil tok hiter in globina vode približno 30 cm.

Optimalna hitrost vodnega toka je najverjetneje višja za nitaste alge, ki so pritrjene na substrat in lahko prenesejo hitrejši tok kot npr. diatomeje. Ker so združbe alg gostejše v vodah z več hranili, kjer višji tok pomeni večji doprinos nutrientov, je optimalna hitrost vodnega toka v habitatih z veliko hranili višja, kot v habitatih z manj hranili (Stevenson in sod., 1996). V večini habitatov se najvišja biomasa alg pojavlja pri srednje velikih hitrostih toka. Hiperbolično razmerje med biomaso bentoških alg in hitrostjo toka pomeni, da dva ali več parametrov, ki so vezani na tokove, vplivajo na biomaso alg. Prvi je upad biomase pri nizkih hitrostih toka, drugi parameter pa je stres, ki ga povzročajo velike hitrosti toka (Stevenson in sod., 1996).

Hitrost vodnega toka vpliva na samočistilno sposobnost vodotoka, ki predstavlja možnost asimiliranja polutantov in njihovega prenašanja po toku navzdol. V vodotokih se hitrost spreminja med leti, v različnih sezonah in dnevno, v odvisnosti od hidrometeoroloških vplivov in narave prispevnega območja. Hitrost vodnega toka se spreminja od površine proti dnu in od bregov proti sredini struge (Urbanič in Toman, 2003).

2.3.4.1.4 Substrat

Substrat ima v vodnih ekosistemih pomembno vlogo v kroženju elementov. Vpliva na transport številnih nutrientov in odpadnih snovi in sodeluje pri izmenjavi snovi z vodo (Urbanič in Toman, 2003). Substrat je sestavljen iz anorganske in organske komponente. Anorganski substrat je običajno erodiran iz zgornjega toka reke in se proti spodnjemu toku preoblikuje zaradi delovanja reke (Giller in Malmqvist, 1998). Razdelitev anorganskega in organskega substrata, ki smo jo uporabili za popis značilnosti substrata, je predstavljena v Prilogi B.

Organski substrat variira od organskih delcev in listja do padlih dreves, ki prihajajo večinoma iz okolice in zgornjega toka reke, kot tudi vodnih rastlin. Manjši delci organskega substrata lahko služijo kot hrana, večji delci pa predstavljajo substrat (Giller in Malmqvist, 1998). Pri različnih hitrostih vodnega toka je prisoten različno velik substrat. Pri hitrosti 2 m/s se z vodnim tokom gibljejo tudi majhni kamni, pri 1,5 – 1,0 m/s veliki prodniki, pri 0,75 – 0,5 m/s majhni do srednje veliki prodniki, pri 0,25 m/s pesek, pri hitrosti 0,1 m/s pa se premikata le mulj in glina (Giller in Malmqvist, 1998).

Struktura in stabilnost substrata prav tako vplivata na kolonizacijo alg. Alge, ki se razraščajo kot preproga, običajno najdemo na večjih kamnih, medtem ko manjše mobilne alge kolonizirajo sediment in manjše delce (Burkholder, 1996). Bergley (2008) je ugotovila, da kemijska sestava posameznih kamnov ne vpliva na biomaso alg. Lahko pa opazimo razliko v biomasi če primerjamo hrapavost kamnov. Na bolj hrapavih kamnih je namreč biomasa alg večja. Različni raziskovalci, ki primerjajo razrast alg na različnih tipih kamnov so ugotovili, da so za naselitev in razrast alg bolj pomembne fizikalne lastnosti kamna (hrapavost, poroznost, topnost) kot pa kemijske (Blinn in sod., 1980; Antoine in Benson-Evans, 1985). Schneck in Sanches Melo (2012) sta ugotovila, da je na hrapavem substratu tudi višja vrstna pestrost kot na gladkem substratu.

Zelo pomembna je tudi stabilnost substrata. Veliki in stabilni kamni, ki so dobro usidrani v podlago predstavljajo pomemben in ugoden substrat za vzpostavitev in ohranjanje perifitonske združbe. Njihova združba je v primerjavi z manjšimi pestrejša. Manjše kamne vodni tok kotali in poškoduje obrast, kar je še posebno opazno ob povišanih hitrostih toka (Nose, 2001). Ob povečani hitrosti vodnega toka se začne premikati sediment v prostorih med večjimi prodniki in kamni. Posledica stalnega odnašanja manj stabilnega substrata je, da se združbe alg ne morejo ustaliti (Azim in sod., 2005) in pomembnejše ter dominantne postanejo tiste združbe, ki rastejo na trdnem in stabilnem substratu (Biggs in Shand, 1987). Douglas (1958) je preučeval diatomejo iz rodu *Achnanthes* v manjšem vodotoku v Angliji in ugotovil, da obilno deževje, katerega posledica sta dvig gladine vode in hitrejši tok, povzroči večjo škodo na manjših kamnih, ki se začnejo kotaliti kot pa na pritrjenih večjih kamnih. Round (1964) poudarja, da je pomembna tudi narava sedimenta in da so organske snovi in pH prav tako pomembna faktorja za epipelične združbe tekočih voda.

2.3.4.1.5 pH

V neonesnaženih vodah je pH pretežno odvisen od ravnotežja med CO_2 , HCO_3^- in CO_3^{2-} in tudi drugih naravnih spojin kot so huminske in fulvo kisline. Na naravno karbonatno ravnotežje lahko vplivajo tudi industrijski efluenti in atmosfersko obremenjevanje s kislimi snovmi. Spremembe v pH so lahko odraz prisotnosti efluentov, še zlasti če je z meritvami ugotovljena tudi povišana prevodnost. Dnevno nihanje pH je lahko rezultat fotosintetske aktivnosti in respiracije primarnih producentov. pH večine naravnih voda znaša med 6,0 in 8,5. Nižje vrednosti se lahko pojavijo v vodah, bogatih z raztopljenimi organskimi snovmi, medtem ko so višje vrednosti pogoste v evtrofnih sistemih (Urbanič in Toman, 2003).

Primarna produkcija in biomasa bentoških alg navadno ne upadeta z nižanjem pH. Spremeni pa se sestava združbe in manjša se pestrost vrst. Z nižanjem pH se povečuje število nitastih zelenih alg kot sta *Ulothrix* in *Oedogonium*. Modrozelenke so zelo občutljive na nižanje pH vrednosti. Distribucija diatomej je močno povezana s pH saj se uporabljajo kot pH indikatorji že od leta 1930 (Stevenson in sod., 1996). Nekatere diatomeje kot sta *Achnanthes* in *Cocconeis* ter nekatere vrste iz rodu *Phormidium* ter vrsto *Cladophora glomerata* lahko najdemo samo v bazičnih vodah (Hynes, 1972).

2.3.4.1.6 Kisik

Raztopljen kisik v vodi je pomemben za respiratorni metabolizem vseh aerobnih vodnih organizmov (Wetzel, 2001). Koncentracija kisika je odvisna od fizikalnih, kemijskih in biotskih procesov v vodi (Urbanič in Toman, 2003). Dinamika in distribucija kisika v vodi sta odvisni od ravnotežja med vnosom kisika iz atmosfere in fotosinteze ter izgube kisika s kemijskimi in biotskimi oksidacijami. Distribucija kisika je pomembna za potrebe mnogih organizmov in vpliva na topnost in dostopnost mnogih nutrientov in s tem na produktivnost vodnih ekosistemov (Wetzel, 2001).

S fotosintezno aktivnostjo se koncentracija kisika povečuje, medtem ko respiracijska aktivnost organizmov zmanjšuje vsebnost raztopljenega kisika. V neobremenjenih sistemih so spremembe v koncentraciji kisika sezonske in tudi dnevne v odvisnosti od temperature in aktivnosti organizmov (Urbanič in Toman, 2003). Poraba kisika se povečuje s

povečanim odlaganjem organskih snovi zaradi kemijskih reakcij in aerobne respiracije. Potreba po kisiku je lahko visoka v določenih predelih in sezonah, npr. kjer se kopiči odpadlo listje jeseni (Allan in Castillo, 2007). Topnost kisika v vodi se poveča v hladnejših vodah (Wetzel, 2001). Na mestih izpustov odpadnih voda, bogatih z organskimi snovmi, so zaradi povečane mikrobne aktivnosti koncentracije kisika nižje v primerjavi z neobremenjenimi sistemi (Urbanič in Toman, 2003).

Določanje koncentracije kisika je bistveno za oceno kakovosti vode, saj vpliva na skoraj vse biotske procese in kemijske reakcije v vodnih telesih. Meritve koncentracije raztopljenega kisika so uporabne za ugotavljanje stopnje organske onesnaženosti vodnih teles, razpada organskih snovi in za določanje samočistilne sposobnosti vodnih teles. Nasičenost vode s kisikom je odvisna od temperature, zračnega tlaka in koncentracije ionov. Nasičenost čez dan lahko presega 100%, če je primarna produkcija v vodi večja od respiracije. Takrat govorimo o biogenem prezračevanju (Urbanič in Toman, 2003).

2.3.4.1.7 Hranilne in druge raztopljene snovi

Slanost je izraz za skupno koncentracijo vseh ionskih komponent, raztopljenih v celinskih vodah. Koncentracije štirih glavnih kationov (kalcij, magnezij, natrij, kalij) in štirih glavnih anionov (bikarbonat, karbonat, sulfat in kloridni anion) običajno določajo celotno ionsko sestavo vode (Wetzel, 2001). Raztopljeni organski fosfor in dušik v obliki nitrata in amonija ter silicij, so najpomembnejši nutrienti, ki lahko omejujejo produkcijo bentoških alg (Allan in Castillo, 2007).

Na slanost vplivajo podnebje, kamninska sestava tal (struga, prispevno območje), topnost kamnin, oddaljenost od morja, pritoki, vsi prisotni organizmi in antropogene aktivnosti (Giller in Malmquist, 1998; Toman, 2009/10a). Eden najpomembnejših antropogenih dejavnikov, ki vplivajo tudi na perifiton je povečana primarna produkcija zaradi vnosa anorganskih hranil. Preveliki vnosi fosforja in dušika lahko povzročijo razrast perifitona, sestavo perifitonske združbe in s tem funkcijo ekosistema (Smith in sod., 1999). Povečana koncentracija hranil v vodotokih navadno povzroči povečano biomaso nitastih alg, še posebej zelenih alg (Soininen, 2007).

2.3.4.1.7.1 Žveplo, dušik in fosfor

Najpogostejša oblika žvepla v vodi je sulfat. Atmosferske žveplove spojine nastanejo pri izgorevanju premoga in nafte in se vračajo na zemljo s padavinami ali usedanjem suhih zračnih delcev. To predstavlja velik vir žvepla in v nekaterih naravnih vodotokih presega količino žvepla, ki prihaja iz terestričnega okolja in tisto, ki nastane pri preperevanju kamnin (Wetzel, 2001). Sulfat je najpomembnejša anorganska spojina, značilna za oksično okolje (Toman, 2009/10a). Med dekompozicijo organskih snovi se sprošča žveplo v obliki vodikovega sulfida (H_2S). Če je v vodi dovolj kisika se H_2S hitro oksidira zato ga je v takšnem vodnem okolju, zelo malo (Wetzel, 2001).

Prevladujoče oblike dušika v vodi so raztopljeni molekularni dušik (N_2), amonij (NH_4^+), nitrit (NO_2^-), nitrat (NO_3^-) in številne organske spojine (aminokislinae, amini, nukleotidi idr.) (Wetzel, 2001). Anorganski dušik v obliki amonija in nitrata organizmi neposredno asimilirajo (Toman, 2009/10a). Dušikov cikel je kompleksen biokemijski proces, pri katerem se dušik pojavlja v več oblikah. Glavni procesi dušikovega cikla so fiksacija dušika, asimilacija ter redukcija nitrata do N_2 z denitrifikacijo (Wetzel, 2001).

Nitratni ion (NO_3^-) je hranilna snov potrebna za fotoavtotrofne organizme, saj ga le ti asimilirajo in vgrajujejo v lastne celične proteine. Nitratni ioni so končni produkt aerobne razgradnje organskih dušikovih spojin. Naravni viri nitratov v površinskih vodah so spiranje s površin, odmrli deli rastlin in živali ter vulkanske kamnine. V neonesnaženih vodah vrednosti običajno ne presegajo 1 mg/L. Prisotnost višjih koncentracij nitratov v vodnem okolju nakazuje spiranje z gnojenih kmetijskih površin ter prisotnost komunalnih in industrijskih odpadnih voda (Urbanič in Toman, 2003).

Fosfor je esencijalen nutrient za žive organizme in omejujoč dejavnik rasti rastlin, vključno s cianobakterijami, od njega je odvisna primarna produkcija v vodnih telesih. V vodah je fosfor prisoten predvsem vezan v raztopljenem ortofosfatu in polifosfatih ter v trdnih organskih spojinah (Urbanič in Toman, 2003). Primarni producenti asimilirajo fosfor v obliki zelo reaktivnih ortofosfatnih ionov, zato je ta oblika v vodi redko prisotna v višjih koncentracijah (Toman, 2009/10a). Fosfor se v vodo spira s površin ali pa pride v vodo s padavinami ali podtalnico. Če so v vodi velike koncentracije fosforja, npr. če pride do

spiranja s kmetijskih površin, se poveča produktivnost alg. Za vzdrževanje visoke produktivnosti pa mora biti dotok fosforja stalen. Potrebe po fosforju so pri različnih vrstah alg različne kar lahko vodi v selektivno prednost določenih vrst če se zaloge fosforja v vodi sezonsko spreminjajo (Wetzel, 2001).

2.3.4.1.7.2 Silicij

Silicij se v vodi pojavlja v obliki silicijeve kisline in trdnih silicijevih delcev. Večina silicijevih delcev je biogenega izvora in jih povezujemo z živimi ali odmrli frustulami diatomej (Wetzel, 2001). Silicij je pomemben predvsem za diatomeje saj imajo visoko vsebnost silicija v celični steni (Allan in Castillo, 2007). Diatomeje asimilirajo velike količine silicija in s tem vplivajo na razporeditev in dostopnost le tega. Vnos večjih koncentracij hranil kot so fosfati in nitrati, lahko povzroči povečano produkcijo diatomej in s tem povečano asimilacijo silicija iz vode in sedimenta. S tem se lahko koncentracija silicija v vodi močno zniža, kar zmanjša produktivnost diatomej in nadomestijo jih druge alge, ki niso odvisne od dostopnosti silicija (Wetzel, 2001).

2.3.4.1.7.3 Organske snovi

Organske snovi, ki jih najdemo v vodnih okoljih so terestričnega ali vodnega izvora. Glavni viri so rastline, živali, bakterije in odpadne vode. Raztopljene organske snovi se vključujejo v metabolizem bakterij, neraztopljene pa se usedajo na dno kot biodetrit (Toman, 2009/10a).

Večina alg je fotoavtotrofne, lahko pa so tudi heterotrofne ali kemoorganotrofne in izkoriščajo raztopljene organske snovi kot vir ogljika in energije tako na svetlobi kot v temi. Nekateri predstavniki so lahko tudi miksotrofi in asimilirajo ogljikov dioksid v majhnih količinah skupaj z organskimi spojinami še posebej v temi. Za preklon na heterotrofni način prehranjevanja je potrebna velika količina organske snovi. Ob nizkih koncentracijah organskih snovi je heterotrofija neučinkovita in nezadostna, saj alge niso uspešne pri tekmovanju za organsko snov z bakterijami (Wetzel, 2001). Fakultativni heterotrofi imajo fotoavtotrofne in kemoorganotrofne sposobnosti in s tem boljši izkoristek

metabolizma kot avtotrofi. Čeprav večina fakultativno heterotrofnih alg raste hitreje z avtotrofnim načinom prehranjevanja, jim preklon na heterotrofni metabolizem pomeni veliko prednost za preživetje v pogojih, ko ni dovolj svetlobe (Stevenson in sod., 1996).

Taksoni, kot sta *Euglena* in *Chlorella* so v pogojih, ko je dovolj svetlobe fotoavtotrofni, ko pa je na voljo dovolj organskih snovi, je razvoj kloroplastov zavrt in preidejo na heterotrofni način prehranjevanja (Stevenson in sod., 1996). Nekatere modrozelenne alge kot npr. *Oscillatoria*, so fakultativni heterotrofi če ni zadosti svetlobe. Prav tako je med fakultativnimi heterotrofi tudi nekaj vrst diatomej (Wetzel, 2001).

2.3.4.2 Biotski dejavniki, ki vplivajo na strukturo in funkcijo perifitona

Biotski dejavniki so vsi živi dejavniki, ki vplivajo na strukturo in funkcijo perifitona. To so paša ali grazing, kompeticija in parazitizem.

2.3.4.2.1 Paša – grazing

Grazerji ali herbivori so organizmi, ki izkoristijo del populacije ali osebka. V vodnih ekosistemih sta plen perifiton in fitoplankton, redko pa tudi makrofiti (Toman, 2009/10b). Interakcije med herbivori in perifitonom so navadno najmočnejše, če so v okolju ugodni pogoji in zmanjšane, če so pogoji okolja slabši ali ekstremni. Laboratorijske raziskave kažejo, da grazing zmanjšuje biomaso perifitona in vpliva na strukturne in funkcionalne značilnosti perifitonske združbe (Allan in Castillo, 2007). Gostota herbivorov je eden glavnih dejavnikov, ki vplivajo na prostorsko porazdelitev epilitskih alg. Grazing ali paša bentoških alg, ki jo vršijo mnogi nevretenčarji, nekatere ribe in ličinke dvoživk, je najpomembnejša oblika herbivorije v vodotokih (Stevenson in sod., 1996).

Zmanjšanje biomase alg zaradi herbivorije je bila dokazana za nekatere herbivore kot so polži, larve mladoletnic in enodnevnice, ribe, rake, larve trzač in paglavce. Navadno upade tudi primarna produkcija saj je prisotne manj biomase (Stevenson in sod., 1996). V redkih primerih pa se lahko primarna produkcija poveča, saj lahko pride do spremembe v sestavi združbe perifitona, do sprostitve nutrientov zaradi paše ali pa do zmanjšane senčenja

zaradi odstranitve zgornjih plasti perifitona (Allan in Castillo, 2007). Ob majhni biomasi epifitskih alg, zmerna stopnja objedanja pospeši rast in proizvodnjo pritrjenih alg in bakterij. Zmerna paša izboljša dostop do hranilnih snovi in svetlobne razmere. S presnovo se poveča količina hranil v vodi, ki je običajno konstantna zaradi kroženja snovi znotraj združbe (Wetzel, 2001). Rezultat herbivorije je odvisen od vrste alge in herbivora, ki sta vpletena v ta odnos (Stevenson in sod., 1996). Alge se lahko delno zaščitijo pred pašo s tem, da se umaknejo v manjše razpoke v substratu (Bergey in Weaver, 2004). Učinkovitost herbivorije pa je odvisna tudi od okolja v katerem živi perifitonska združba. V okoljih s stabilnim pretokom se pojavljajo večji in bolj učinkoviti herbivori kot so polži in mladoletnice. Kjer pa je frekvenca višjih pretokov večja, pa prevladujejo enodnevnice, ki niso tako učinkovite pri kontroli perifitonske združbe (Allan in Castillo, 2007).

2.3.4.2.2 Kompeticija

Kompeticija ali tekmovanje je razmerje, v katerem se osebki iste vrste ali osebki dveh ali več različnih vrst omejujejo pri izkoriščanju potrebnih dobrin. Dobrine so lahko hrana, prostor, voda, svetloba ali katerikoli drug dejavnik v okolju (Tarman, 1992). Do kompeticije lahko pride, ko so organizmi odvisni od istega vira ali dobrine in je le-ta v naravnem okolju omejen. Če pride do kompeticije med različnimi vrstami, se običajno zniža gostota ali celo izgine ena ali več populacij. Negativne medvrstne interakcije, kot je kompeticija, določajo sestavo združbe bentoških alg. Alge so navadno zelo tolerantne, imajo veliko zmožnost razširjanja in lahko kolonizirajo večino habitatov. Glede na to, da le nekaj vrst navadno dominira v različnih habitatih, lahko sklepamo, da imajo interakcije med osebki bistveno vlogo pri sestavi perifitonske združbe (Allan in Castillo, 2007).

Pri skucesiji bentoških alg gre za postopen razvoj vertikalno strukturirane 'preproge' z visoko gostoto celic (Allan in Castillo, 2007). Perifitonska združba je najprej dvodimenzionalna, osebki so plosko pritrjeni na podlago. Ko ni več prostora za takšno poselitev, se določeni osebki dvignejo nad podlago in so nanjo pritrjeni z želatinoznimi peclji saj s tem pridejo do svetlobe. Nastane tridimenzionalna struktura združbe (Graham in Wilcox, 2009). Nekatere vrste pa so razvile posebne strategije, s katerimi se lahko izognejo kompeticiji (npr. fakultativna heterotrofija).

Mnoge raziskave, ki so potekale na terenu potrjujejo spremembo v dominantnosti vrst zaradi sprememb v okolju. Tendenco nitastih zelenih alg po dominanci v okolju, kjer je na voljo dovolj svetlobe, lahko obravnavamo kot kompetitivno prednost (Steinman in McIntire, 1987). Prav tako lahko kot kompeticijo obravnavamo longitudinalno razporeditev vrst *Achnanthes deflexa* in *Chlorella*. *Chlorella* je bila v raziskavi najštevilčnejša na izlivu odpadnih voda v reko, število osebkov *A. deflexa* pa je naraščalo z oddaljenostjo. Če so ti dve vrsti v laboratoriju gojili posamič, je bil *A. deflexa* najštevilčnejši v visokih koncentracijah efluenta. V mešani kulturi pa je ob visokih koncentracijah efluenta prevladovala *Chlorella* in ob nizkih koncentracijah *A. deflexa*. Na podlagi tega lahko sklepamo o večji kompetitivnosti vrste *Chlorella* ob visokih koncentracijah nutrientov (Klotz in sod., 1976).

2.3.4.2.3 Parazitizem

Zajedavstvo ali parazitizem je razmerje dveh ali več vrst, v katerem zajedavec ali parazit občasno ali stalno energetsko izkorišča gostitelja (Tarman, 1992). Le nekaj raziskav je neposredno povezanih z vlogo parazitov pri strukturi in funkciji ekosistemov. Paraziti vplivajo na vedenje, reprodukcijo in celoten fitnes svojih gostiteljev. Pri preučevanju vpliva trematodnih parazitov na interakcijo med okuženimi polži in perifitonom sta Bernot in Lamberti (2007) ugotovila, da so polži, ki so bili okuženi s trematodami veliko hitreje postrgali perifiton s podlage kot neokuženi polži. Tako so parazitske trematode posredno vplivale na številčnost perifitonske združbe in s tem tudi na funkcijo celotnega ekosistema. Parazitske glive lahko vplivajo na združbo alg tako, da zavrejo razvoj določene populacije. Večina parazitskih gliv je specifičnih za eno vrsto alg, kar pomeni, da infekcija ene vrste alg povzroči razrast druge kompetitivne vrste (Wetzel, 2001).

2.3.5 Uporaba perifitona pri ocenjevanju kakovosti voda

Evropska skupnost je leta 2000 sprejela okvirno Vodno direktivo, ki daje državam članicam pravna in strokovna izhodišča za celovit pristop za zaščito in upravljanje z vodami (Dobnikar Tehovnik, 2008). Vodna direktiva (Direktiva 2000/60/ES) vključuje

tudi ekološko vrednotenje stanja vodnih teles z združbami vodnih organizmov. Vrednotenje v skladu z vodno direktivo vključuje ekološko tipologijo vodnih teles, določitev referenčnih razmer in razvrščanje v pet razredov ekološkega stanja (Urbanič, 2011). Ocenjevanje kakovosti voda, ki temelji le na fizikalnih in kemijskih metodah namreč daje informacije o stanju voda le v trenutku merjenja. V tekočih vodah, kjer so spremembe v hidrologiji hitre in težko merljive, se je ekološki oz. biološki monitoring izkazal za zelo uporabnega (Soininen in Könönen, 2004).

Zadnji dve desetletji so v Evropi za ocenjevanje kakovosti voda najpogosteje uporabljeni makroinvertebrati in kremenaste alge (Resende in sod., 2009). Perifitonske kremenaste alge, še posebej epilitske vrste, so najpogosteje uporabljene za monitoring rek zaradi njihove splošne razširjenosti, dobro poznane taksonomije in dominance v perifitonskih združbah (Stoermer in Smol, 1999). Prve raziskave o kremenastih algah in onesnaženosti rek so bile izvedene pred približno 60 leti in alge so se kot indikatorji za ocenjevanje kakovosti voda hitro uveljavile. V primerjavi z drugimi bioindikatorji je glavna prednost kremenastih njihova sposobnost, da hitro reagirajo na spremembe v kakovosti vode (Rimet, 2012). Pogosto pride do spremembe v taksonomski sestavi ali diverziteti združbe, kar lahko spremeni združbo iz vrstno bogate v monotono (Acs in sod., 2004).

Alge so za ocenjevanje kakovosti voda primerne zaradi številnih lastnosti:

- So splošno razširjene in jih lahko najdemo v vseh površinskih vodah (Solak in Ács, 2011).
- Vzorce kremenastih alg, ki smo jih primerno obdelali v laboratoriju, lahko ohranimo dlje časa in jih ponovno pregledamo če je to potrebno (Solak in Ács, 2011).
- Bentoške alge so pritrjene na podlago in se ne morejo izogniti potencialnim onesnaževalcem z migracijo. Na abiotske pogoje v svojem okolju se morajo prilagoditi ali pa propadejo (Stevenson in sod., 1996).
- V primerjavi z drugimi združbami so alge vrstno bogata skupina, saj je lahko na nekaj cm² tudi sto različnih vrst (Kingston in sod., 1983). Vsaka vrsta pa ima različno toleranco na okoljske dejavnike (Lowe, 1974) zato taka združba

predstavlja informacijsko bogat sistem za okoljski monitoring (Stevenson in sod., 1996).

- Imajo kratek življenjski cikel in sposobnost hitre reprodukcije, zato lahko hitro reagirajo na spremembe v okolju (Stevenson in sod., 1996).
- Vzorčenje in določanje je relativno enostavno, saj lahko veliko taksonov prepoznamo in razlikujemo pod svetlobnim mikroskopom. Z elektronsko mikroskopijo pa lahko razlikujemo tudi najmanjše razlike med vrstami (Morales in sod., 2001).
- V vseh saprobnih sistemih se pojavljajo alge kot pomembni indikatorski organizmi. Sposobnost prilagoditve omogoča mnogim algam preživeti v vseh najrazličnejših vrstah onesnaženja. Nekatere alge pa so na onesnaženje tako občutljive, da lahko živijo samo v čistih vodah (Vrhovšek, 1985).
- V vodotokih je perifiton glavni vir primarne produkcije in zagotavlja visoko kakovostno hrano za raznoliko skupino vretenčarskih in nevretenčarskih herbivorov. Če se spremeni biomasa perifitonske združbe, se tako spremeni tudi struktura ostalih združb in s tem funkcija ekosistema (Smith in sod., 1999).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 IZBIRA VZORČNIH MEST IN ČAS VZORČENJA

Namen diplomske naloge je bil sezonsko spremljanje razlik v vrstni sestavi in diverziteti perifitonske združbe v reki Savinji na območju Celja. Hkrati smo spremljali tudi longitudinalne spremembe različnih abiotskih parametrov ter skušali ugotoviti, kakšen je njihov vpliv na vrstno sestavo in diverzitetu perifitonske združbe.

Predpostavili smo, da na diverzitetu in dinamiko perifitonske združbe vpliva dotok s hranili bogate, prečiščene odpadne vode iz Centralne čistilne naprave Celje ter neposredna lega dveh vzorčnih mest dolvodno od mesta Celje in pritokov z industrializiranega območja.

Območje raziskave je zato zajemalo približno 10 km dolg odsek reke Savinje, sredi katerega se vanjo izteka odvodni kanal čistilne naprave Celje. Na tem odseku smo izbrali tri vzorčna mesta. Izbrani odsek na reki Savinji z vsemi tremi vzorčnimi mesti je prikazan v Prilogi A.

Prvo vzorčno mesto z imenom Petriček (S1) se nahaja najvišje na reki in še ni pod vplivom urbanega okolja in večjih izlivov v reko. Leži približno 1 km pred iztokom reke Ložnice v Savinjo. Na desnem bregu poteka asfaltirana cesta, nad njo pa se dviguje pobočje poraslo z gozdom. Ob levem bregu poteka utrjena pešpot z nekaj nasajenimi drevesi, ob poti pa se raztezajo večje kmetijske površine. Matica struge je ob levem bregu, kjer sta večja globina in hitrost vodnega toka, desni breg pa predstavlja prodišče. Odsek je hidrološko enoten, brez izrazitih brzic in tolmunov. Dno struge večinoma prekrivajo mezolital oz. majhni kamni ter veliki prodniki. Vzorčenje je potekalo od desnega proti levemu bregu reke. Levi breg je bil zaradi globlje vode manj dostopen. Na desnem bregu smo opazili povečano odlaganje mulja in peska.



Slika 2: Prvo vzorčno mesto Petriček (S1)

Drugo vzorčno mesto z imenom Polule (S2) se nahaja približno 3,5 km pred iztokom čistilne naprave Celje in približno 600m za mestom Celje. Približno 200 m pred vzorčnim mestom, v predelu med Bregom in Skalno kletjo, se v Savinjo izliva reka Voglajna, ki je skupaj z reko Hudinjo že dolgo časa glavni odvodnik komunalnih in industrijskih odplak mesta Celje in bližnjih naselij (Toman, 2007). Mesto Celje in reka Voglajna sta potencialna onesnaževalca reke Savinje in bi lahko vplivala na perifitonsko združbo. V reko Voglajno se iztekajo tudi odplake iz bližnje tovarne Cinkarna Celje ter železarne Štore. Desni in levi breg odseka izbranega mesta sta utrjena s kamnometom, zarasla s posameznimi vrbami (*Salix sp.*), visoko pionirsko vegetacijo ter japonskim dresnikom (*Fallopia japonica*). Desno od struge se nahaja glavna cesta Celje – Laško ob kateri je na tem predelu naselje Polule. Ob levem bregu je tok počasen in mestoma zastaja zato je povečano usedanje organskih delcev kar se na odprtem prodišču opazi kot mulj. V strugi so prevladovali veliki prodniki oz. mikrolital, ki predstavlja nestabilen substrat. V sedimentu smo opazili sledove anoksije kar se kaže kot temna obarvanost pod prodniki, na gladini vode pa smo opazili kosme plavajočih odmrlih alg. Globina struge in vodni tok sta naraščala od levega brega proti desnemu. Glavni tok je imel ob desnem bregu hitrost med 0,5 – 1 m/s. Čuti se zaznaven vpliv odpadnih vod mesta Celje in okoliških naselij. Po toku navzgor so opazni različni komunalni odpadki (plastenke, kartoni, itd.). Vzorčenje je

potekalo po celotni širini struge, zajemalo je merjenje na brzici, v stranskem rokavu ob prodišču in v tolmunu.



Slika 3: Drugo vzorčno mesto Polule (S2)

Tretje vzorčno mesto Brstnik (S3) je naselje v občini Laško. Nahaja se približno 3,3 km za iztokom čistilne naprave Celje. Od mesta Celje je oddaljeno 7 km. Hitrost vodnega toka je bila po vsej širini struge bolj ali manj enakomerna. Vzorčenje je potekalo od levega proti desnemu bregu reke. Na levem bregu je bil opazen mulj. Barva preraslih prodnikov je bila rjava. Dno struge je bilo kamnito do prodnato, na več mestih pa se je pojavila odkrita matična kamnina. Ob robovih struge je bil prisoten klasasti rmanec (*Myriophyllum spicatum*). Desni breg struge predstavlja erodirana stena obrasla z vrbami (*Salix* spp.) in japonskim dresnikom (*Fallopia japonica*). Približno 20 metrov od brega potekata cesta in železnica, v zaledju levega brega pa se razprostirajo travniki. Obraščen je z nekaj mladimi vrbami. Na razdalji od drugega vzorčnega mesta smo predvidevali spremembo v perifitonski sestavi, kot posledico procesa samočiščenja. Med drugim in tretjim vzorčnim mestom se izteka prečiščena voda iz CČN Celje. Na tem delu ni bilo večjih pritokov in naselij, le kmetijske površine večinoma na levem bregu reke Savinje.



Slika 4: Tretje vzorčno mesto Brstnik (S3)

Vzorčenje je potekalo sezonsko v obdobju sedmih mesecev med septembrom 2011 in marcem 2012. Izvedli smo tri vzorčenja – poletno 6. 9. 2011 (P), zimsko 8. 12. 2011(Z) in spomladansko 29. 3. 2012 (S). Vzorčenja smo izvedli vsaj dva tedna po zadnjem visokem vodostaju, saj hiter tok in obračanje kamnov uničijo združbo perifitona, ki se razvije na površini kamna ob zmernem toku.

3.2 MERITVE HIDROMORFOLOŠKIH PARAMETROV

3.2.1 Globina

Globino na kateri se je nahajal vzrčeni kamen, s katerega smo vzorčili perifiton, smo merili na najbolj preprost način in sicer s togim lesenim metrom. Meter smo potopili do površine kamna in tako izmerili globino vode.

3.2.2 Hitrost vodnega toka in pretok

Hitrost vodnega toka smo izmerili s pomočjo hidrometričnega krila, ki smo ga postavili na 6/10 globine vode v kateri se je nahajal vzorčeni kamen. Gre za globino, kjer je bila

empirično določena povprečna hitrost, saj globina ni preseгла 1m. Izmerili smo globino vode in na ustrezno globino ob leseni meter potopili hidrometrično krilo. Počakali smo, da se je številka na elektronskem števcu ustalila in zapisali hitrost vodnega toka.

Informacije o pretoku smo pridobili s pomočjo merilnih postaj Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO) na mestih Medlog in Laško.

3.2.3 Substrat

Za popis substrata smo uporabili metodo subjektivnega vrednotenja deležev na osnovi opazovanja. To nam je omogočal relativno plitek vodotok z vidnim dnom. Za popis organskega in anorganskega substrata smo uporabili tabelo, ki je predstavljena v Prilogi B.

3.3 FIZIKALNE MERITVE IN KEMIJSKE ANALIZE

Na vseh vzorčnih mestih smo ob vsakokratnem vzorčenju perifitona določili oz. izmerili pomembnejše fizikalne in kemijske parametre.

Večino meritev smo opravili s prenosnim multimetrom PCD 650 (Eutech Instruments, Singapur). **Temperaturo vode (°C)** smo izmerili s termistorjem, vgrajenim v multimeter. Prav tako smo z multimetrom izmerili **koncentracijo raztopljenega kisika (mg/L)**, **nasičenost vode s kisikom (%)**, **elektroprevodnost (μS/cm)**, **pH** ter **skupne raztopljene snovi (TDS)**.

Na terenu smo vzeli 1 liter vzorca vode za določanje **koncentracije nitratov** in ga shranili pri 0°C. Naslednji dan smo v laboratoriju koncentracijo nitratov (mg/L) določili z metodo z natrijevim salicilatom (Urbanič in Toman, 2003).

Koncentracijo ortofosfatov (mg/L) smo določili po metodi s kositrovim (II) kloridom (Urbanič in Toman, 2003).

3.4 BIOLOŠKE ANALIZE

3.4.1 Vzorčenje perifitona

Perifiton smo vzorčili po metodi pobiranja in strganja kamnov s skalpelom in ščetko. Da bi bili rezultati med seboj čim bolj primerljivi, smo poskušali metodo standarizirati. Ker smo želeli naše rezultate primerjati z rezultati, ki so predstavljeni v Koren (2009), smo uporabili enako metodo vzorčenja. Na vsakem vzorčnem mestu smo izbrali odsek dolžine 10 metrov. Na tem odseku smo nabrali 5 kamnov velikostnega razreda 6 – 20 cm (mezolital). Kamne smo pobirali po vsej širini struge oz. do globine kjer smo kamne še lahko dosegli. Kamni so morali biti po površini obraščeni z algami kar je dokazovalo, da se kamen že dlje časa ni premikal in da se je na njem razvila perifitonska združba. Na vsak kamen smo s pomočjo žeblja in geotrikotnika zarisali 3 polja velikosti 5 cm^2 (slika 5). Okoli vsakega polja smo s skalpelom in zobno ščetko kamen počistili nato pa iz vsakega zarisanega polja s pomočjo skalpela in ščetke postrgali perifiton in jih dajali v ločene plastične kozarčke. Na vsakem vzorčnem mestu smo imeli torej 4 plastične posode – enega za analizo klorofila, drugega za kvantitativne analize in tretjega za analizo suhe mase. V četrti lonček smo zbirali vse kar je ostalo v banjici po čiščenju kamnov in material uporabili za kvalitativne analize. V vsak lonček smo postrgali perifiton s petih kamnov, torej je bila skupna površina postrganega perifitona v vsakem lončku 25 cm^2 . V vsak lonček razen v lonček za analize klorofila, smo v razmerju 1:9 dolili 37 % formaldehid za fiksiranje vzorcev.



Slika 5: Primer kamna s postrgano obrastjo v okolici polj (poletno vzorčenje).

3.4.2 Priprava vzorcev perifitonskih alg za pregledovanje (kvantitativen vzorec)

V laboratoriju smo vzorce za pregledovanje perifitonskih alg oz. kvantitativne vzorce prelili v merilne valje. Z destilirano vodo smo vzorce dopolnili do 100 ml, da smo imeli v vseh vzorcih enak volumen. Vzorce smo prelili v čaše in jih z magnetnim mešalom homogenizirali. Iz vsakega homogeniziranega vzorca smo vzeli 5 ml vzorca in ga dali v epruveto. Ta vzorec smo uporabili za določanje kremenastih alg, ostali vzorec pa smo uporabili za določanje vseh vrst alg.

3.4.2.1 Priprava in pregledovanje vzorcev kremenastih alg

5 ml vzorca iz epruvete smo centrifugirali 10 minut na 2500 obratov pri sobni temperaturi. Supernatant smo odlili in dodali 2 ml koncentrirane dušikove kisline (HNO_3). Epruvete smo počasi nad gorilnikom segrevali da je začel izhajati rjav dim. Ko dima ni bilo več, smo s segrevanjem prenehali. Vzorce smo spet centrifugirali in odlili supernatant. Usedlini smo dodali 5 ml vode, dobro premešali in centrifugirali. Ponovno smo odlili supernatant, dodali 5 ml vode, premešali in centrifugirali. S tem smo odstranili dušikovo kislino. Usedlino smo na koncu razredčili z 2 ml destilirane vode. Tako pripravljene vzorce smo homogenizirali in naredili poltrajne preparate. Za vsak vzorec oz. vzorčno mesto, smo naredili 4

podvzorce, kapljice (0,02 ml). Kapljice smo kanili na objektna stekelca in jih dali sušiti za nekaj minut v sušilnik. Ko so se kapljice posušile, smo nanje kanili po eno kapljico sredstva za pripravo poltrajnih preparatov Naphrax, jih pokrili s krovnim stekelcem in pustili en dan, da se je Naphrax strdil. Tako pripravljene preparate smo uporabili za določevanje in štetje diatomej. Šteli in določevali smo pri 1000 x povečavi pod svetlobnim mikroskopom Olympus CX41. Na vsakem vzorcu smo prešteli in določili 500 diatomejskih lupinic in izračunali relativno pogostost vrste.

3.4.2.2 Priprava in pregledovanje vzorcev vseh alg

Vzorci smo vzeli iz kvalitativnega vzorca, ki smo ga fiksirali že na terenu. Iz homogeniziranega vzorca smo s kapalko vzeli podvzorec – kapljico (0,02 ml) in jo kanili na objektno stekelce. Kapljico smo pokrili s krovnim stekelcem in tako pripravljen preparat pregledali pod svetlobnim mikroskopom Olympus CX41 pri 400 x povečavi. Za vsak vzorec smo naredili pet podvorcev in v vsakem podvzorcju prešteli 50 vidnih polj. V vsakem vidnem polju smo prešteli in določili vse alge. Pri določanju smo uporabili določevalne ključe po: Kramer in Lange-Bertalot (1986), Kramer in Lange-Bertalot (1988), Kramer in Lange-Bertalot (1991), Kramer in Lange-Bertalot (1991) ter Vrhovšek in sod. (2006).

3.4.3 Merjenje suhe mase vzorcev perifitona

Vzeli smo štiri 100 ml keramične lončke, jih označili s svinčnikom in jih štiri ure žarili v žarilni peči pri 550 °C, da se je sežgala vsa organska snov. Lončke smo nato ohladili v eksikatorju in jih stehali. V merilnem valju smo izenačili vzorce za suho maso na 50 ml in jih nalili v lončke. En lonček je služil za kontrolo in smo ga pustili praznega. Vzorce smo dali sušiti na 110 °C in počakali nekaj ur, da je nastala sušina. Lončke smo ponovno ohladili v eksikatorju in jih stehali. Lončke smo nato dali v žarilno peč na 550 °C za 7 ur, da smo odstranili vse organske snovi. V eksikatorju ohlajene lončke smo ponovno stehali. Tako smo dobili podatek o količini anorganskih snovi v vzorcih, nato pa smo odšteli maso vzorca po sušenju in maso vzorca po sežigu in izračunali suho maso oz. organski del vzorca.

Prazni kontrolni lonček smo sušili in sežigali skupaj z vzorčnimi lončki, na koncu smo z njim preverili, če je prišlo do odstopanja v teži kontrolnega lončka in to upoštevali pri izračunih.

3.4.4 Merjenje klorofila *a*

Vzorce vode za analizo klorofila *a* smo analizirali že takoj naslednji dan. Vzorec smo z destilirano vodo razredčili do 100 ml, ga prelili v čašo in ga z magnetnim mešalom shomogenizirali. Medtem smo sestavili nučo in vanjo položili steklen filter. Med homogeniziranjem vzorca smo s pipeto, ki smo ji prej odkrušili konec, da je bila večja odprtina, zajeli 20 ml vzorca in ga počasi vliвали v nučo. Ko se je vzorec prefiltriral, smo s pinceto previdno zavili filter in ga dali v epruveto. Tako smo naredili za vsak vzorec. V eno epruveto smo dali čist filter papir kar nam je služilo kot kontrola. V vse epruvete smo nalili znan volumen metanola (10 ml) oz. toliko, da je prekril filter papir (slika 6). Epruvete smo zamašili s pokrovčkom in jih ovili v alu-folijo, da vzorci niso bili izpostavljeni svetlobi. Epruvete smo segrevali na vodni kopeli pri temperaturi blizu vrelišča metanola približno 5 minut oz. dokler se niso pojavili prvi mehurčki. Vzorce smo po 5 minutah dali v hladilnik, da so se hitreje ohladili. Ko so se vzorci ohladili, smo s kontrolo umerili spektrometer in izmerili absorpcijo svetlobe pri valovnih dolžinah 665 in 750 nm. Količino klorofila *a* smo izračunali po enačbi, ki je podana v opisu postopka (Urbanič in Toman, 2003).



Slika 6: Priprava vzorcev klorofila

3.5 STATISTIČNE ANALIZE

3.5.1. Relativna abundanca

Z izračunom relativne abundance smo ugotovili kolikšen je delež posameznega taksona kremenastih alg in vseh alg v podvzorcu in v celotnem vzorcu, ter ga primerjali z deležem ostalih taksonov. Deleže smo izrazili v odstotkih (enačba 1 in 2).

$$p_i = \frac{n_i}{N} \quad \dots (1)$$

$$A = p_i \times 100 \quad \dots (2)$$

A - relativna pogostost/abundanca

n_i - št. osebkov i-te vrste

N - skupno število osebkov v podvzorcu (500) ali vzorcu

3.5.2. Saprobni indeks

Saprobni indeks nam pove, kakšna je stopnja organskega onesnaženja vodotoka. Temelji na razgradnji organskih snovi, ki je odvisna od količine biogeno in fizikalno vnesenega kisika. Večje kot je organsko onesnaženje, manjša bo koncentracija raztopljenega kisika v vodi, kar vpliva na ostale vodne organizme. Pojem »saprobnost« predstavlja tiste metabolne procese, ki so obratni kot procesi primarne produkcije in ki v kombinaciji z biogeno in fizikalno vnešenim kisikom določajo saprobno stopnjo vodnega telesa. Saprobni indeks (SI) obsega štiri osnovne stopnje obremenjenosti s tremi vmesnimi stopnjami. Vrednost saprobnega indeksa za izbrano vzorčno mesto v vodotoku smo izračunali po enačbi 3. Vsaka vrsta ima določeno saprobno vrednost (S_i), ki je ocena ekološkega pojavljanja neke vrste in indikatorsko vrednost (G_i) v območju 1 – 5. Vrste z zelo ozkim ekološkim pojavljanjem (steneke vrste) imajo višjo indikatorsko vrednost in obratno. To pomeni, da imajo stenosaprobne vrste večjo težo (Urbanič in Toman, 2003). Vrednosti saprobnega indeksa in pripadajoči kakovostni razredi so prikazani v Prilogi C.

Indikatorske in saprobne vrednosti za posamezno vrsto smo povzeli po: Kosi in sod., (2006). Pri izračunu saprobnega indeksa za kremenaste alge smo za abundanco uporabili izračunane relativne deleže taksonov, pri izračunu saprobnega indeksa za vse alge pa oceno pogostosti po petstopenjski lestvici.

$$SI = \frac{\sum_{i=1}^n (h_i \times G_i \times s_i)}{\sum_{i=1}^n (h_i \times G_i)} \quad \dots(3)$$

Kjer je:

h_i – absolutna ali relativna abundanca i-tega taksona

G_i – indikatorska vrednost i-tega taksona

s_i – saprobna vrednost i-tega taksona

n – število taksonov

3.5.3 Trofični indeks po Rottu

Trofični indeks (TI), ki smo ga izračunali po Rottu (1999), temelji na združbi kremenastih alg in je namenjen ocenjevanju trofičnega stanja rek (Rott in sod., 1999). Indikatorske in trofične vrednosti za posamezno vrsto ter enačbo 4 za izračun trofičnega indeksa po Rottu (1999) smo povzeli po: Instruction Protocol for the ecological Assessment of Running Waters for Implementation of the EC Water Framework Directive: Macrophytes and Phytobentos (Schamburg in sod., 2006). Vrednosti trofičnega indeksa po Rott (1999), ki določajo stopnjo trofije (priloga D), smo povzeli po avstrijskem trofičnem indeksu (Indikationslisten für Aufwuchsalgen in österreichischen Fließgewässern, Teil 2: Trophienindikation so vie geochemische Präferenz, taxonomische und toxicologische Anmerkungen) (Rott in sod., 1999).

$$TI = \frac{\sum_{i=1}^n TW_i \times G_i \times H_i}{\sum_{i=1}^n G_i \times H_i} \quad \dots (4)$$

kjer je:

TI – trofični indeks po Rottu (1999)

TW_i – trofična vrednost za vrsto i

G_i – indikatorska vrednost za vrsto i

H_i – relativni delež vrste i v vzorcu

3.5.4 Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks

Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks (H') je danes najbolj razširjena mera za diverziteteta (enačba 5). Pozitivna stran tega indeksa je, da ni odvisen od površine, s katere so bili vzorci pobrani in v njem je upoštevana relativna abundanca vsakega taksona. Višja je vrednost H' , večja je diverziteteta. Osnovna domena, da diverziteteta upada z naraščanjem obremenjenosti, ne drži vedno. V neobremenjenih povirnih delih vodotokov je diverziteteta pogosto nizka zaradi pomanjkanja hrane in izoliranosti. Poleg obremenjujočih dejavnikov na diverziteteta organizmov vpliva tudi diverziteteta mikrohabitatov (Urbanič in Toman, 2003). V Prilogi E je prikazana tabela kakovosti vodnega okolja v odvisnosti od Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa.

$$H' = \sum p_i \times \log_2 p_i \quad \dots (5)$$

Kjer je:

H' – diverziteteta

p_i – delež i -tega taksona

3.5.5 Sørensen-ov indeks podobnosti

Na osnovi kvalitativnih podatkov nam pokaže stopnjo podobnosti med združbami. Podobnost definiramo med 0, ki pomeni popolno različnost in 1, ki je popolna identičnost (enakost). Vodno okolje je bolj stabilno in rang relativnih sprememb je manjši, zato lahko z uporabo tega indeksa (enačba 6) skupne vrste dveh združb v vodnem okolju obtežimo in s tem povečamo pomen podobnosti.

$$Q_s = \frac{2a}{(2a+b+c)} \quad \dots (6)$$

Kjer je:

a - število vrst, ki so skupne v obeh združbah

b - število vrst v 1. združbi

c - število vrst v 2. združbi

3.5.6. Bray-Curtisov koeficient podobnosti

Bray-Curtisov koeficient podobnosti (S_{BC}) kaže podobnost med združbama na podlagi vrstne sestave in pogostosti pojavljanja posameznih vrst v teh združbah. Po enačbi 7 smo izračunali indeks za združbo kremenastih alg. Podobnost smo prikazali v obliki dendrograma.

$$S_{BC} = \frac{2w}{(A+B)} \quad \text{ali} \quad S_{BC} = 1 - \frac{\sum |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum (y_{ij} + y_{ik})} \quad \dots (7)$$

Kjer je:

S_{BC} - Bray-Curtisov indeks podobnosti

w – število skupnih osebkov v obeh vzorcih

A – število osebkov v 1. vzorcu

B – število osebkov v 2. Vzorcju

y_{ij} – število osebkov vrste i v vzorcu j

y_{ik} – število osebkov vrste i v vzorcu k

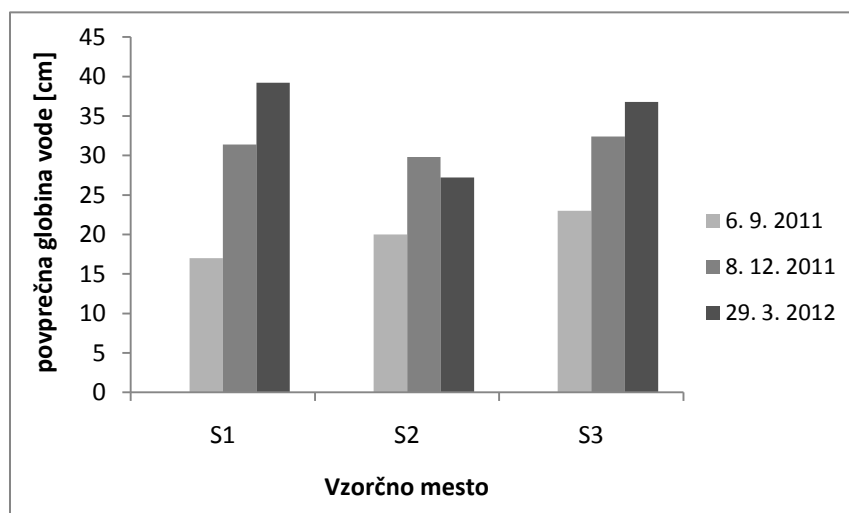
Na osnovi Sørensenovega in Bray-Curtisovega indeksa smo naredili dendrograme. Dendrogram narejen na podlagi Sørensenovega indeksa upošteva le prisotnost taksona, Bray-Curtisov indeks pa upošteva tudi številčnost taksona.

4 REZULTATI

4.1 REZULTATI HIDROMORFOLOŠKIH PARAMETROV

4.1.1 Povprečna globina vode in širina struge

Na sliki 7 so prikazane povprečne globine vode na različnih vzorčnih mestih ob različnih datumih vzorčenja. Globina vode se je med posameznimi vzorčnimi obdobji le malo spreminjala. Nikoli ni presegla 50 cm, saj je moral biti vodostaj nizek, da smo lahko izvedli vzorčenje. Največja globina je bila v spomladanskem vzorčenju, najnižja pa v poletnem.

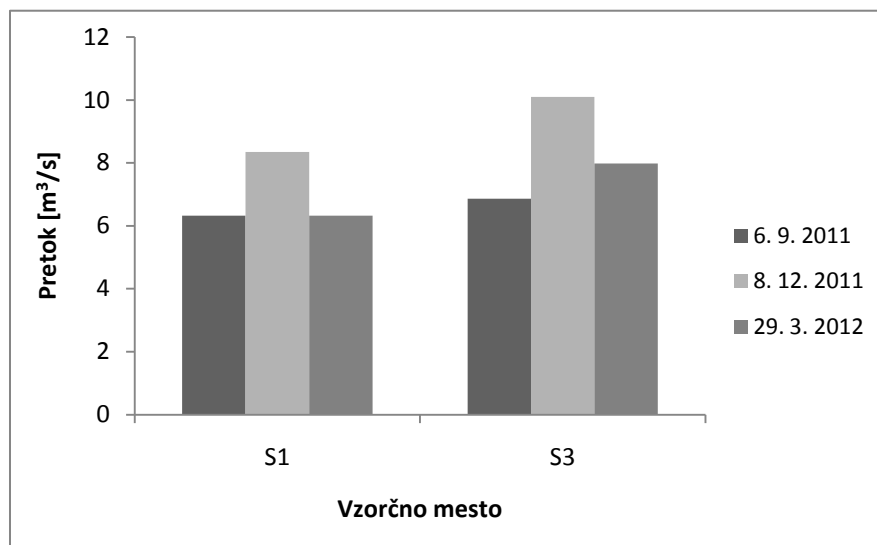


Slika 7: Povprečna globina vode (cm) od koder smo vzeli vzorčene kamne na vseh vzorčnih mestih ob različnih datumih vzorčenja.

Na vzorčnem mestu S2 je bila struga najožja in sicer smo izmerili 24,4 m širine, na vzorčnem mestu S1 smo izmnerili 41,3 m in na S3 43,1 m široko strugo.

4.1.2 Pretok

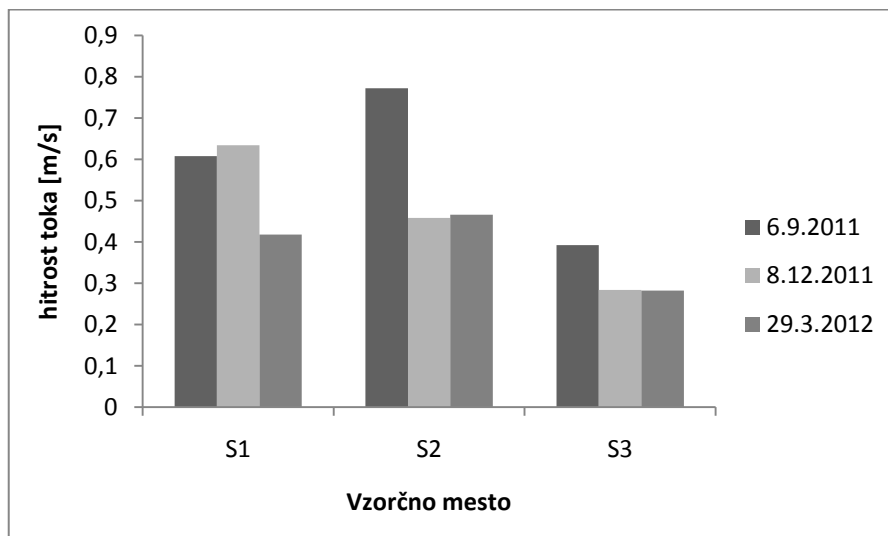
Najvišji pretok je bil na mestu S3 v času zimskega vzorčenja ($10,1 \text{ m}^3/\text{s}$), najmanjši pa v času poletnega in spomladanskega vzorčenja na mestu S1 ($6,32 \text{ m}^3/\text{s}$). Pretok je naraščal dolvodno.



Slika 8: Pretok vode (m^3/s) na različnih mestih ob različnih datumih vzorčenja.

4.1.3 Hitrost vodnega toka

Na sliki 9 so prikazane izračunane povprečne hitrosti vodnega toka na različnih vzorčnih mestih ob različnih datumih vzorčenja. Najvišje hitrosti vodnega toka smo v povprečju izmerili na vzorčnem mestu S2, najmanjše pa na S3. Največjo hitrost smo izmerili v poletnem vzorčenju na mestu S2, najmanjšo pa v zimskem na mestu S3. Na mestu S3 in S1 si hitrosti vodnega toka v posameznih letnih časih med seboj niso bile tako različne kot na mestu S2, kjer je izstopalo predvsem poletno vzorčenje z bistveno hitrejšim tokom kot pri ostalih dveh letnih časih. V zimskem vzorčenju so se hitrosti toka nižale dolvodno, v spomladanskem in poletnem vzorčenju pa je bila hitrost toka večja na S2 kot na S1, še vedno pa je bila najmanjša na S3.



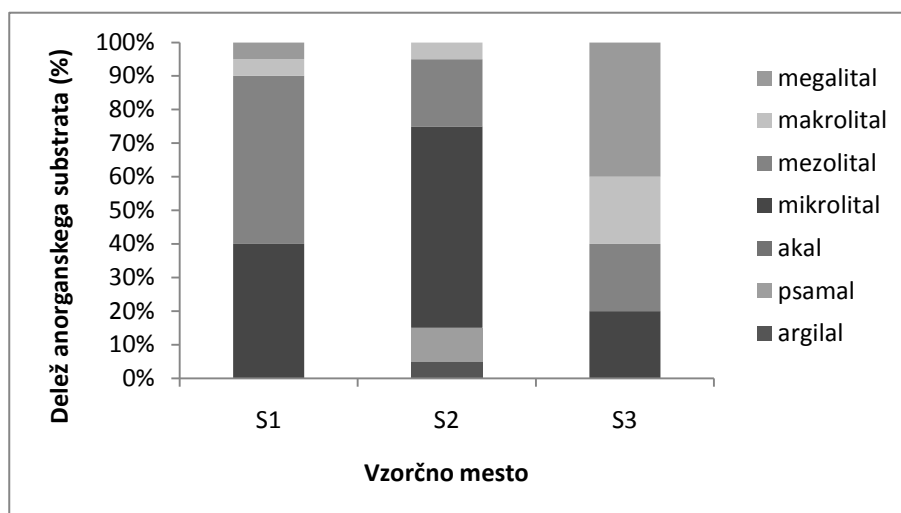
Slika 9: Povprečna hitrost vodnega toka na mestu, kjer smo pobrali kamne na vseh vzorčnih mestih ob različnih datumih vzorčenja.

4.1.4 Substrat

4.1.4.1 Anorganski substrat

Na sliki 10 je prikazana zgradba anorganskega substrata na različnih mestih vzorčenja na reki Savinji. Večinoma so prevladovali veliki velikostni razredi anorganskega substrata.

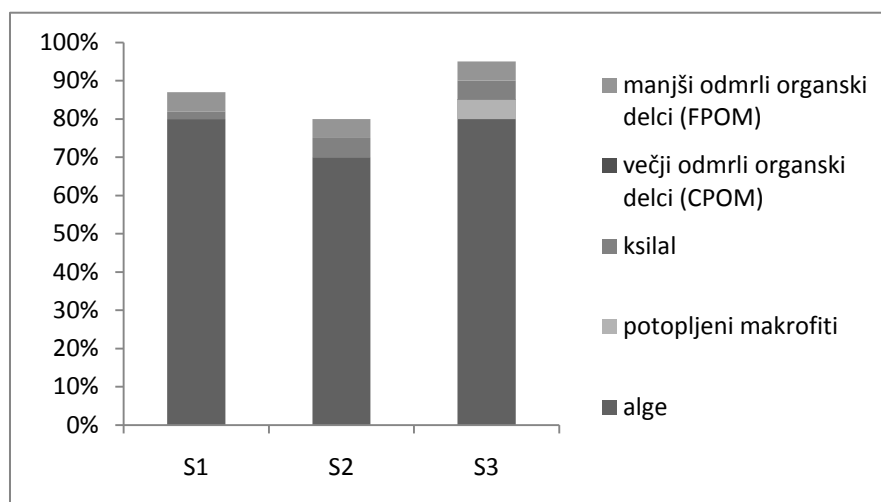
Na vzorčnem mestu S1 je prevladoval mezolital, ki je pokrival kar polovico površine rečnega dna na opazovanem odseku. Po deležu mu je sledil mikrolital s kar 40 %. Megalital in makrolital sta pokrivala vsak po 5 % opazovane površine rečnega dna. Ostalih velikostnih razredov anorganskega substrata ni bilo prisotnih. Na vzorčnem mestu S2 je prevladoval mikrolital, ki je pokrival več kot polovico površine rečnega dna. 20 % rečnega dna je pokrival mezolital, psamal pa 10 %. Makrolital in argilal sta pokrivala vsak po 5 % površine rečnega dna. Na vzorčnem mestu S3 pa se je močno povečal delež megalitala, saj je pokrival kar 40 % površine rečnega dna. Makrolital, mezolital in mikrolital so pokrivali vsak po 20 % površine rečnega dna, manjšega anorganskega substrata pa ponovno nismo opazili.



Slika 10: Deleži anorganskega substrata na različnih mestih vzorčenja na reki Savinji.

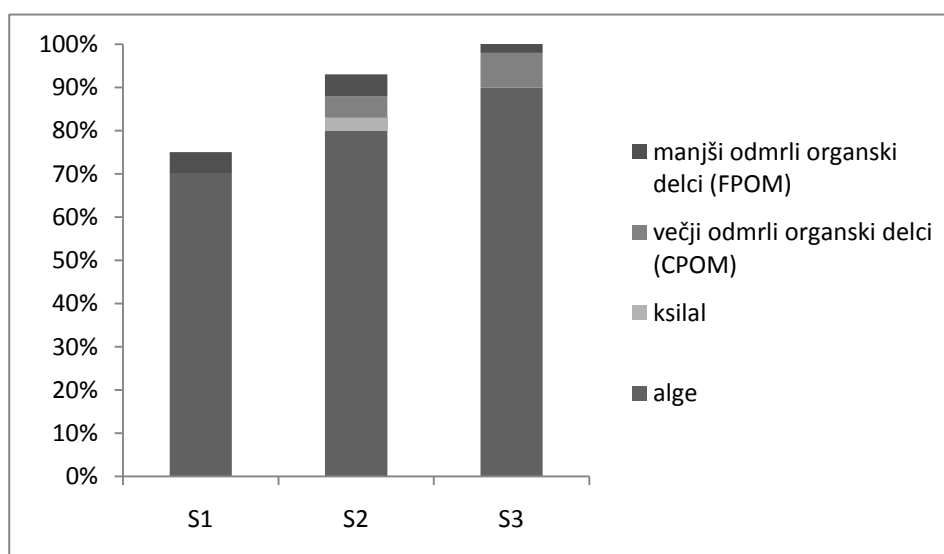
4.1.4.2 Organski substrat

V poletnem vzorčenju so nitaste in kosmaste alge masovno prekrivale kamne, predvsem je bilo to opazno na vzorčnem mestu S3. Na vzorčnem mestu S1 je bilo z algami pokrite kar 80% površine rečnega dna, nekaj je bilo tudi ksilala in manjših odmrlih organskih delcev (FPOM) (5 %). Na mestu S2 je bilo alg manj zaradi manj stabilnega substrata (mikrolital). Z algami je bilo pokrite približno 70 % površine, opazili pa smo tudi ksilal (5 %). Manjši odmrli organski delci so bili zastopani v približno 5 %. Na tretjem vzorčnem mestu S3 smo opazili potopljene makrofite in sicer *Myriophyllum spicatum*, ki je obraščal približno 5 % površine ob robovih struge. V manjši meri je bil prisoten tudi ksilal in manjši odmrli organski delci.



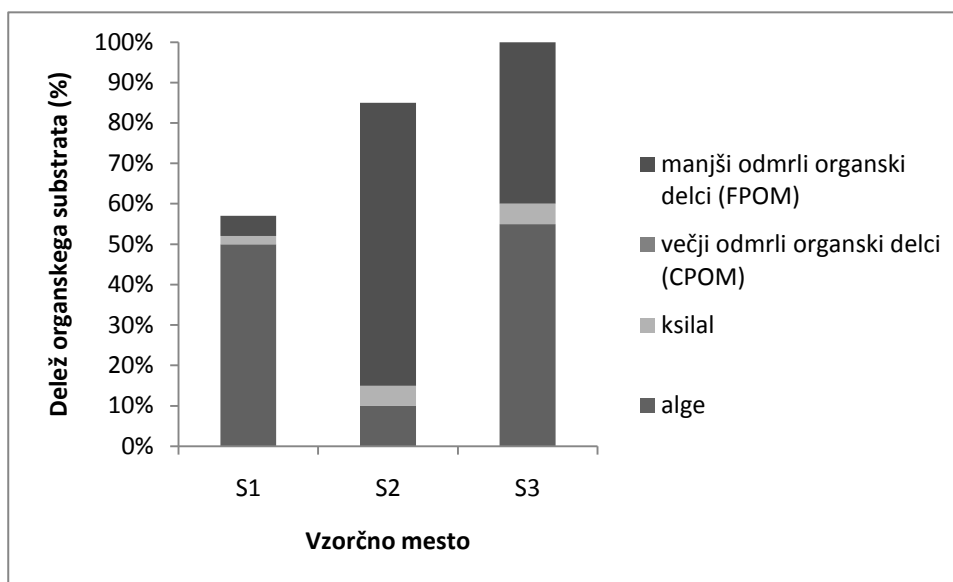
Slika 11: Deleži organskega substrata na različnih vzorčnih mestih dne 6. 9. 2011

V času zimskega vzorčenja smo opazili veliko obraščenost kamnov z algami, ki je naraščala dolvodno po vodotoku. V večji meri pa so bili prisotni večji odmrli organski delci (CPOM). Na mestu S1 so bile prisotne samo alge v 70 % in manjši odmrli organski delci. Na mestu S2 je bila pokritost z algami velika (80 %), opazili pa smo tudi ksikal in večje ter manjše odmrle organske delce, ki so pokrivali vsak po 5 % površine. Na zadnjem vzorčnem mestu S3 je bila poraščenost z algami največja in sicer kar 90 %. Opazili smo tudi prisotnost večjih in manjših odmrlih organskih delcev.



Slika 12: Deleži organskega substrata na različnih vzorčnih mestih dne 8. 12. 2011

V času spomladanskega vzorčenja so bile razmere precej drugačne kot pri prejšnjih vzorčenjih. Obraščenost z algami je bila na obeh mestih precej manjša kot v času zimskega in poletnega vzorčenja, v večji meri pa so se pojavljali manjši odmrlji organski delci. Na mestu S1 je bila obraščena z algami 50 %, opazili smo prisotnost ksilala in manjših odmrljih organskih delcev. Na mestu S2 se je obraščena z algami v primerjavi z mestom S1 zmanjšala, saj je ta znašala le 10 %. Kar 70 % je bilo manjših odmrljih organskih delcev, s 5 % pa je bil zastopan ksilal. Na vzorčnem mestu S3 je bila obraščena z algami največja (55 %), pojavljali pa so se tudi manjši odmrlji organski delci (40 %). Ksilal je bil zastopan s 5 %.

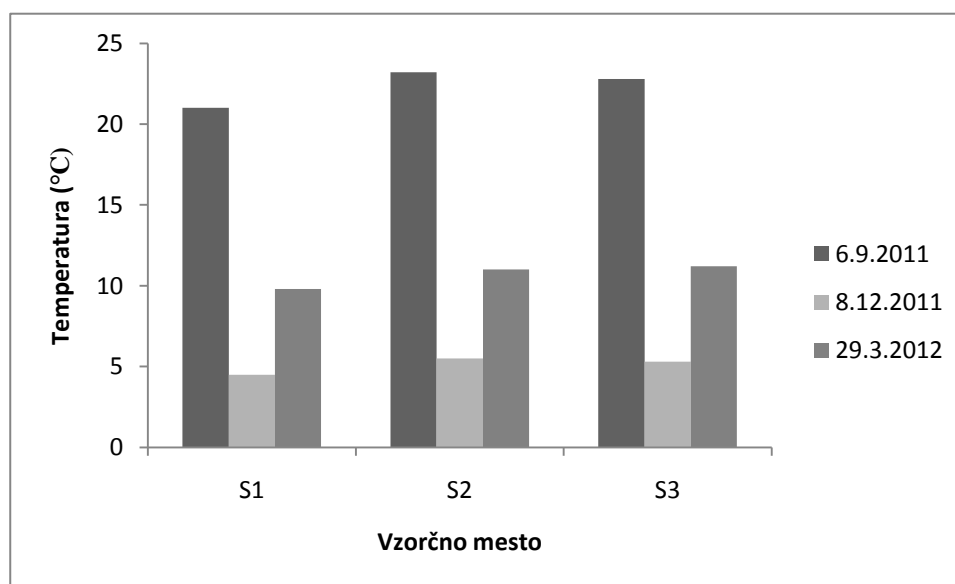


Slika 13: Deleži organskega substrata na različnih vzorčnih mestih dne 29. 3. 2012

4.2 REZULTATI FIZIKALNIH MERITEV IN KEMIJSKIH ANALIZ

4.2.1 Temperatura vode

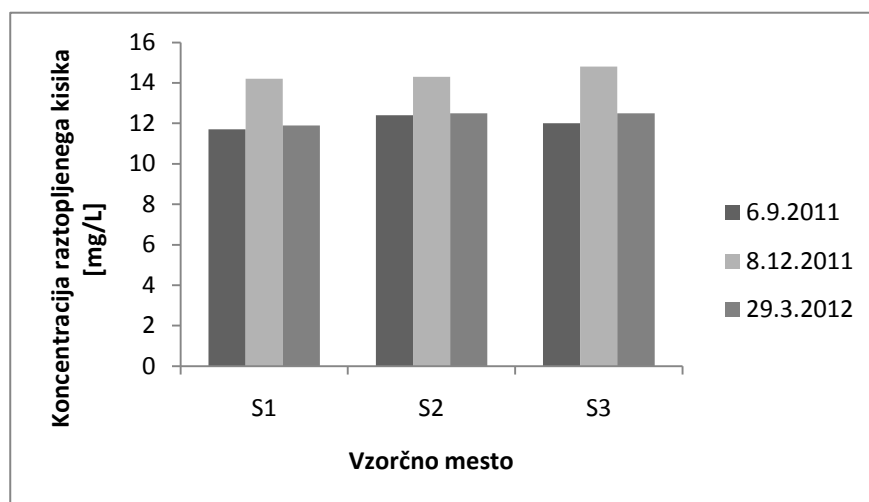
Najvišje temperature vode smo po pričakovanjih izmerili ob poletnem vzorčenju, najnižje pa pozimi. Spomladanske temperature vode pa so bile nekje vmes. Na vzorčnem mestu S1 smo v vseh letnih časih izmerili najnižje temperature, najvišje pa na S2. V času zimskega vzorčenja temperatura vode ni presegla 6 °C, najnižja izmerjena temperatura je bila na mestu S1 (4,5 °C). V času poletnega vzorčenja so temperature narasle vse do 23,2 °C, ki je bila tudi najvišje izmerjena temperatura na mestu S2. V spomladanskem času pa so bile temperature vode okoli 11 °C.



Slika 14: Temperatura vode (°C) na vseh vzorčnih mestih ob različnih datumih vzorčenja na Savinji.

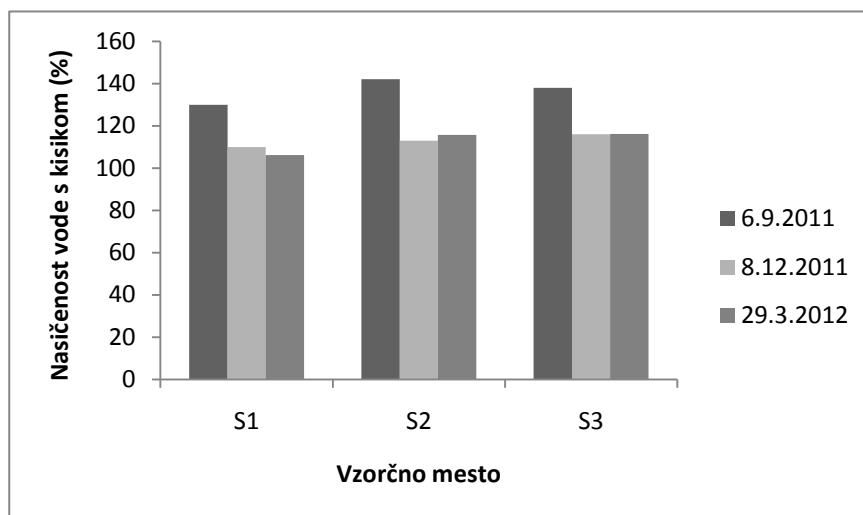
4.2.2 Koncentracija v vodi raztopljenega kisika in nasičenost vode s kisikom

Na vseh vzorčnih mestih je koncentracija kisika presegla 10 mg/L, najvišja izmerjena je bila ob zimskem vzorčenju na mestu S3 (14,8 mg/L), kar je najverjetneje posledica nizke temperature in dnevnega nihanja temperature. Najnižjo koncentracijo smo izmerili ob poletnem vzorčenju na mestu S1 (11,7 mg/L). Med posameznimi vzorčnimi mesti so bile razlike v koncentraciji kisika minimalne.



Slika 15: Koncentracija raztopljenega kisika (mg/L) na vseh vzorčnih mestih in ob različnih datumih vzorčenja na Savinji.

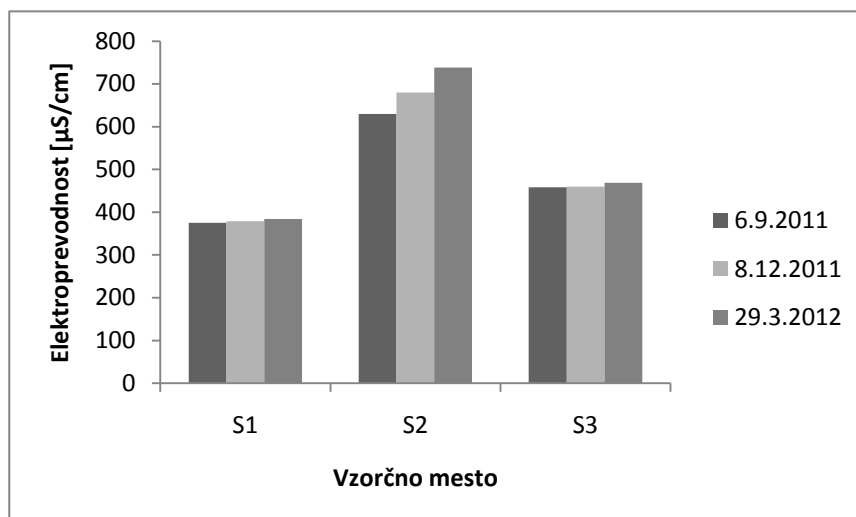
Nasičenost vode s kisikom je ob vseh vzorčenjih presegla 100 %, kar kaže na dobro biogeno prezračevanje. Najvišja izmerjena nasičenost je bila v popoldanskem času v času poletnega vzorčenja na mestu S2 (142 %), najnižja pa v spomladanskem času na mestu S1 (106,2 %), kjer smo merili v dopoldanskem času. V času poletnega vzorčenja je bila nasičenost na vseh treh vzorčnih mestih visoka (nad 130 %).



Slika 16: Nasičenost vode s kisikom (%) na vseh vzorčnih mestih in ob različnih datumih vzorčenja na Savinji.

4.2.3 Elektroprevodnost

Najvišje vrednosti elektroprevodnosti smo po pričakovanjih izmerili na mestu S2, kjer se v Savinjo izliva reka Voglajna. Na vseh treh vzorčnih mestih smo najvišje vrednosti izmerili ob spomladanskem vzorčenju, najnižje pa ob poletnem vzorčenju. Na mestu S1 so si bile vrednosti med letnimi časi zelo podobne, bile so okoli 380 μS . Tu smo izmerili najnižje vrednosti. Na mestu S2 so vrednosti najbolj variirale med najnižjo izmerjeno poleti (630 μS) in najvišjo izmerjeno spomladi (738 μS). Na mestu S3 so si bile vrednosti med različnimi letnimi časi ponovno zelo podobne, so pa bile višje kot na prvem vzorčnem mestu (420-460 μS).

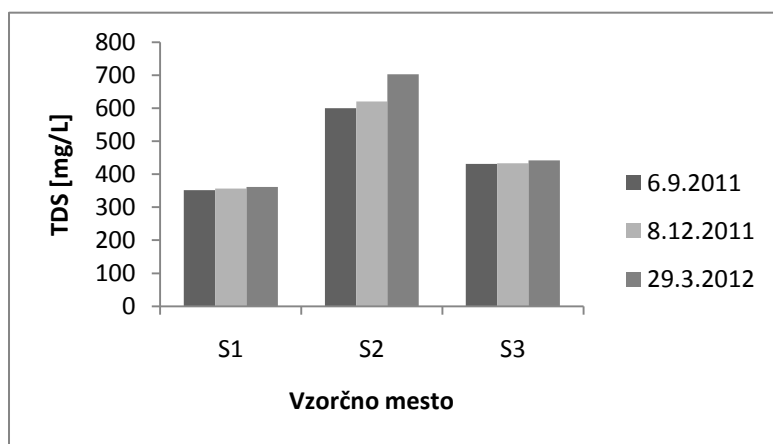


Slika 17: Elektroprevodnost vode ($\mu\text{S}/\text{cm}$) na vseh vzorčnih mestih in ob različnih datumih vzorčenja na Savinji.

4.2.5 Skupne raztopljene snovi (TDS)

Vrednosti skupnih raztopljenih snovi so bile med 352 mg/L na S1 in 702,2 mg/L na mestu S2. Največje vrednosti, ki so bile med 600 in 702,2 mg/L, smo izmerili na S2. Na mestu S1 smo izmerili najmanjše vrednosti, saj tam ni večjih pritokov in potencialnih onesnaževalcev. Na mestu S3 so bile vrednosti večje kot na S1, vendar manjše kot na S2 in so bile med 431 in 441 mg/L. Pri vseh treh mestih smo opazili, da so bile vrednosti TDS najnižje v poletnem vzorčenju in najvišje v spomladanskem. Na mestih S1 in S2 ni bilo

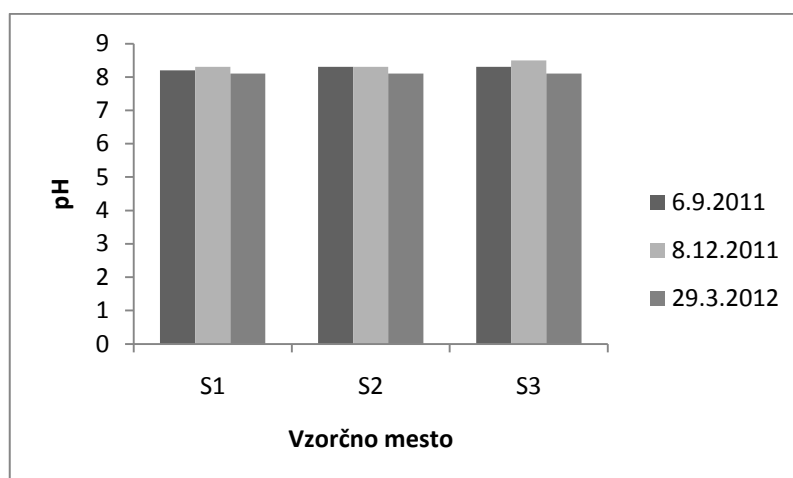
velikih razlik v meritvah med posameznimi letnimi časi, na mestu S2 pa so razlike bolj opazne.



Slika 18: Skupne raztopljene snovi (mg/L) na vseh vzorčnih mestih in ob različnih datumih vzorčenja na Savinji.

4.2.4 pH

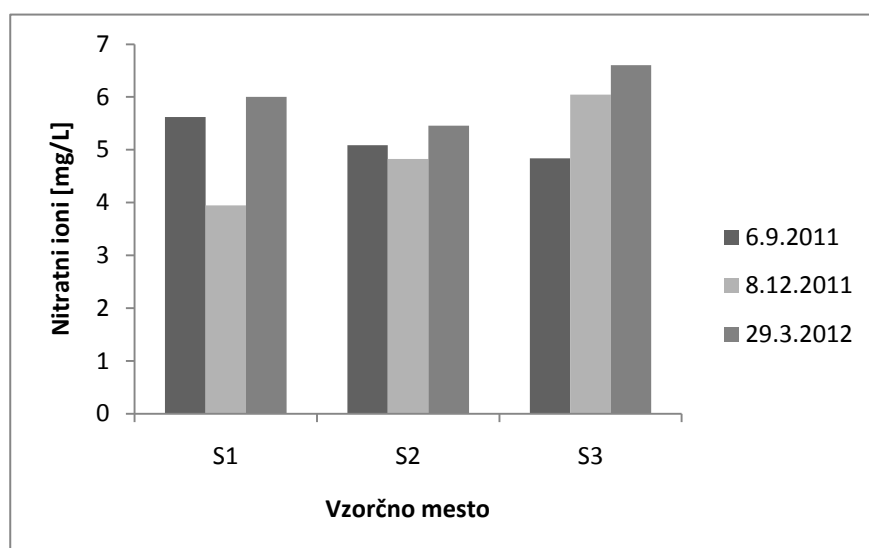
Vrednosti pH so bile med najnižjo izmerjeno vrednostjo 8,1 na vseh treh mestih v času spomladanskega vzorčenja in najvišjo izmerjeno vrednostjo 8,5 na mestu S3 v času zimskega vzorčenja. Največje razlike v pH so se v različnih letnih časih pojavljale na mestu S3, najmanjše pa na mestu S2. Ob poletnem in zimskem vzorčenju se je pH po toku navzdol večal, ob spomladanskem vzorčenju pa takšnega trenda nismo opazili.



Slika 19: pH vrednosti na vseh vzorčnih mestih in ob različnih datumih vzorčenja na Savinji.

4.2.6 Koncentracija nitratov

Najnižjo vrednost koncentracije nitratov smo izmerili ob zimskem vzorčenju na mestu S1 (3,9 mg/L), najvišjo pa na mestu S3 ob spomladanskem vzorčenju (6,6 mg/L). Najvišje vrednosti nitratnih ionov smo izmerili ob spomladanskem vzorčenju, ko so bile vrednosti med 5,5 in 6,6 mg/L, najnižje pa v zimskem času, ko so bile vrednosti med 3,9 in 6,0 mg/L. V času zimskega vzorčenja so vrednosti naraščale dolvodno, v času poletnega vzorčenja pa ravno obratno, vrednosti so se manjšale dolvodno. Najvišje vrednosti so bile v povprečju na mestu S3 kar smo tudi pričakovali, najverjetneje zaradi iztoka CČN Celje v reko Savinjo. Na mestu S1 so se vrednosti med posameznimi letnimi časi najbolj spreminjale.



Slika 20: Koncentracija nitratnih ionov (mg/L) na vseh vzorčnih mestih in ob različnih datumih vzorčenja na Savinji.

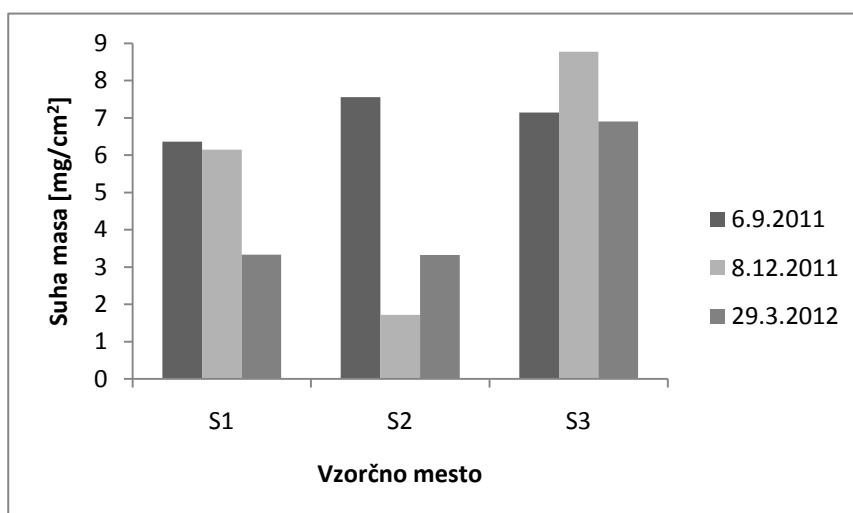
4.2.7 Koncentracija ortofosfatov

Koncentracije ortofosfatnih ionov so bile na vseh mestih in v vseh sezonah vzorčenja pod mejo detekcije uporabljene metode, ki je 0,1 mg/L.

4.3 REZULTATI BIOLOŠKIH ANALIZ

4.3.1 Suha masa vzorca

Največjo suho maso smo določili za mesto S3 ($8,8 \text{ mg/cm}^2$), najmanjšo pa za mesto S2 ($1,7 \text{ mg/cm}^2$) v času zimskega vzorčenja. Na mestu S1 sta si bili vrednosti med zimskim in poletnim vzorcem zelo podobni, medtem ko je bila vrednost v spomladanskem vzorcu bistveno nižja. Največ razlik med posameznimi letnimi časi smo ugotovili za mesto S2, kjer smo v poletnem vzorcu namerili zelo visoke vrednosti v primerjavi z zimskim, ko smo izmerili zelo nizke vrednosti suhe mase in spomladanskim, ko so bile vrednosti nekje vmes. Na mestu S3 so vrednosti suhe mase vzorcev v primerjavi z vzorci ostalih vzorčnih mest visoke v vseh sezonah vzorčenja, saj nikoli niso manjše od $6,9 \text{ mg/cm}^2$.

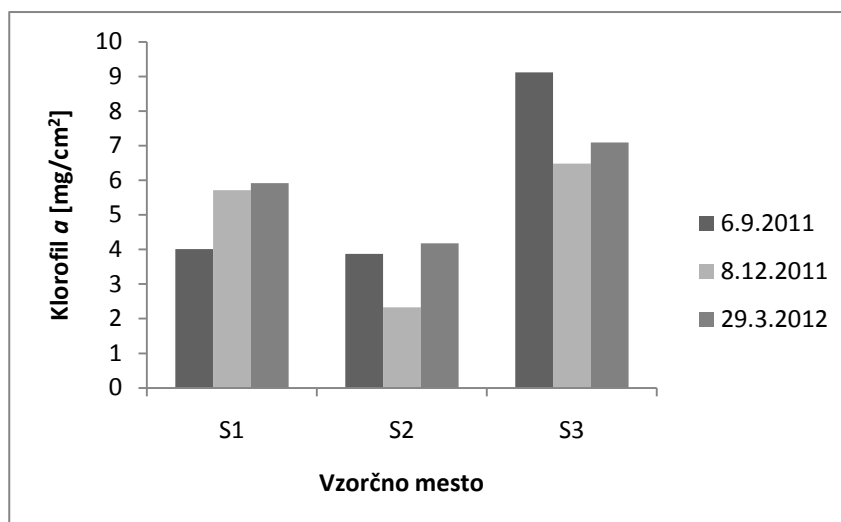


Slika 21: Suha masa vzorcev (mg/cm^2) na vseh vzorčnih mestih in ob različnih datumih vzorčenja na Savinji.

4.3.2 Količina klorofila *a*

Najvišjo vrednost klorofila *a* smo izmerili na mestu S3 ($9,1 \text{ mg/cm}^2$) v času poletnega vzorčenja, najmanjšo pa na mestu S2 ($2,3 \text{ mg/cm}^2$) v času zimskega vzorčenja. Najvišje vrednosti smo izmerili na mestu S3, kjer je bila tudi največja obrast na kamnih. Količina klorofila *a* je na mestu S3 močno presegala vrednosti na ostalih dveh vzorčnih mestih. Vrednosti so bile med $6,5 \text{ mg/cm}^2$ v zimskem času in $9,1 \text{ mg/cm}^2$ v poletnem času. Na mestu S1 pa smo najmanjšo vrednosti izmerili prav poleti ($4,0 \text{ mg/cm}^2$), največjo pa v času

spomladanskega vzorčenja. Na mestu S2 so bile količine klorofila *a* najmanjše. Najvišjo vrednost smo na tem mestu izmerili v spomladanskem času ($4,2 \text{ mg/cm}^2$) in je bila kar za polovico manjša od najvišje izmerjene vrednosti.



Slika 22: Količina klorofila *a* (mg/cm^2) na vseh vzorčnih mestih in ob različnih datumih vzorčenja na Savinji.

4.3.3 Analiza združbe perifitonskih alg

Sezonsko spreminjanje deleža glavnih skupin alg po vodotoku navzdol

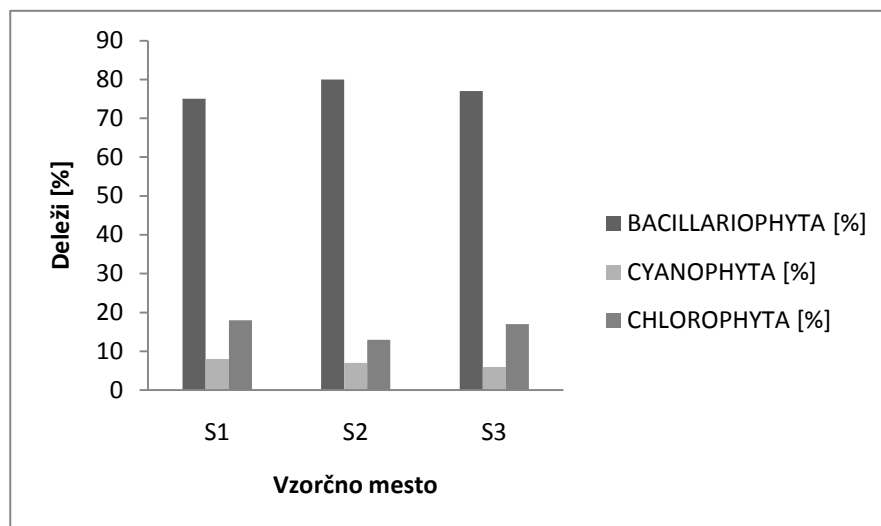
Sezonsko spreminjanje deleža glavnih skupin alg dolvodno je prikazano na slikah 23, 24 in 25 ter v Prilogi G. Deleže smo izračunali glede na število celic v posameznih skupinah.

Na vseh vzorčnih mestih in v vseh sezonah vzorčenja so prevladovale kremenaste alge (Bacillariophyta) z več kot 70 %. Majhen delež so predstavljale zelene alge (Chlorophyta) in cianobakterije (Cyanophyta), ostalih vrst alg pa v vzorcih nismo našli.

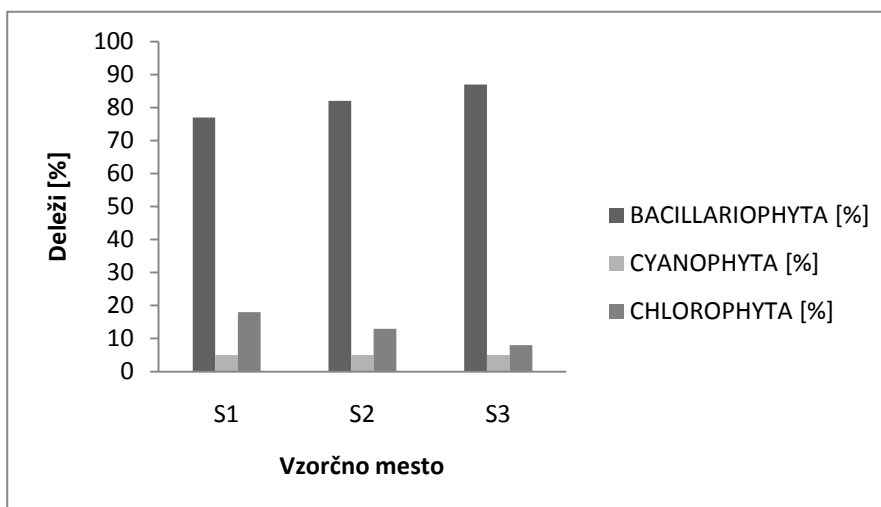
Največji delež zelenih alg smo našli v poletnem vzorcu (16 %), najmanjši pa v spomladanskem (8 %). V poletnem in zimskem vzorcu so imele zelene alge največji delež na mestu S1, v spomladanskem pa na mestu S3. Z najmanjšim deležem so bile pristone zelene alge na mestu S2, razen v zimskem vzorcu, ko je najmanjši delež zelenih alg bil na mestu S3. Cianobakterije so bile v vseh vzorčenjih zastopane z najmanjšim številom vrst,

saj smo določili le tri različne vrste. Med posameznimi sezonami vzorčenja se njihovi deleži na posameznih vzorčnih mestih niso bistveno spreminjali. V največji meri so bile prisotne v spomladanskih vzorcih, v nekoliko manjši meri pa v zimskih.

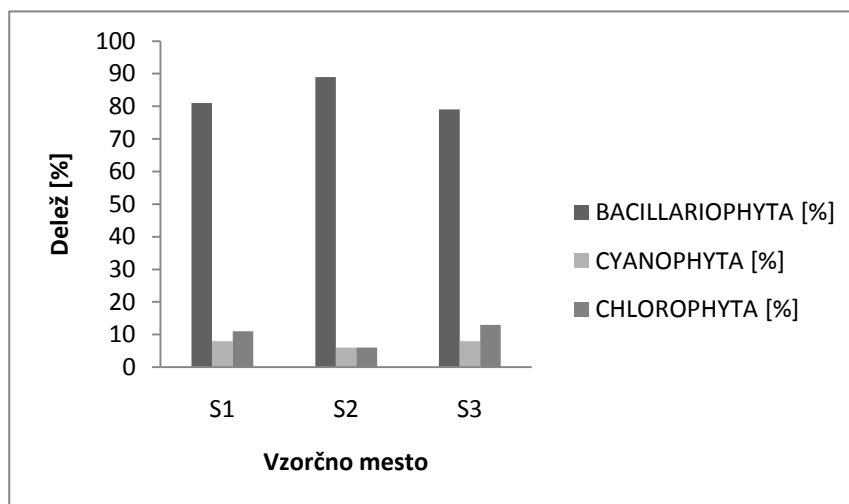
Ob vseh datumih vzorčenja in na vseh treh mestih vzorčenja so prevladovala kremenaste alge, kar je razvidno iz slik 23, 24 in 25. Največji delež kremenastih alg smo določili v spomladanskem vzorcu (83 %), v zimskem vzorcu jih je bilo 82 % in v poletnem 78 %. Deleži posameznih vrst kremenastih alg in deleži vseh alg, ki so bile prisotne na posameznih vzorčnih mestih v različnih sezonah vzorčenja so prikazane v Prilogah H in I.



Slika 23: Spreminjanje deležev taksonomskih skupin alg v združbi perifitona dolvodno, dne 6. 9. 2011



Slika 24: Spreminjanje deležev taksonomskih skupin alg v združbi perifitona dolvodno, dne 8. 12. 2011



Slika 25: Spreminjanje deležev taksonomskih skupin alg v združbi perifitona dolvodno, dne 29. 3. 2012

4.3.3.1 Vzorčno mesto S1

a) Taksonomska sestava združbe kremenastih alg

V obdobju treh vzorčenj, ki so zajemala poletne, zimske in spomladanske razmere, smo v vseh vzorcih z vzorčnega mesta S1 določili 38 različnih taksonov kremenastih alg. Ob poletnem, zimskem in spomladanskem vzorčenju smo v vzorcih z vzorčnega mesta S1 določili po 30 različnih taksonov kremenastih alg. Vrste, katerih delež je vsaj enkrat presegel 5 % so bile: *Achnanthes biasolettiana*, *Amphora pediculus*, *Cymbella affinis*, *Navicula capitatoradiata*, *Nitzschia dissipata* ter *Nitzschia fonticola*. V vseh obdobjih sta imela največje deleže *Achnanthes biasolettiana* (25,6 – 57,4 %) in *Nitzschia fonticola* (8,7 – 13,8 %).

Vrste, ki so imele največji delež poleti so bile: *Achnanthes biasolettiana* (25,6 %), *Navicula capitatoradiata* (17,4 %), *Cymbella affinis* (11 %), *Nitzschia fonticola* (8,7 %) ter *Navicula menisculus* (8,3 %). V času zimskega vzorčenja smo največje deleže ugotovili za naslednje vrste: *Achnanthes biasolettiana* (45,6 %), *Nitzschia fonticola* (13,8 %) ter *Nitzschia dissipata* (12,3 %). V času spomladanskega vzorčenja smo največje deleže

ugotovili za naslednje vrste: *Achnanthes biasolettiana* (57,4 %), *Nitzschia fonticola* (12,6 %) ter *Amphora pediculus* (5,2 %).

b) Taksonomska sestava združbe vseh alg

V vzorcih z vzorčnega mesta S1 smo določili 55 taksonov alg. Največ taksonov smo določili ob poletnem vzorčenju in sicer 40, najmanj pa ob spomladanskem vzorčenju, ko smo določili 37 taksonov. V zimskem vzorcu smo določili 39 taksonov alg. V zimskem, spomladanskem in poletnem vzorcu je imela največji delež vrsta *Achnanthes biasolettiana* (17,2 – 41 %). V vseh treh vzorcih sta imeli delež večji od 5 % tudi *Nitzschia fonticola* (85,8 – 9,4 %) ter *Homeotrix varians* (20,2 - 27,3 %). V poletnem vzorcu so imele največji delež naslednje vrste: *Navicula capitatoradiata* (11,7 %), *Cymbella affinis* (7,4 %), *Phormidium autumnale* (8,3 %) ter *Navicula menisculus* (5,6 %). V zimskem vzorcu sta imeli velik delež tudi *Nitzschia dissipata* (8,4 %) in *Phormidium autumnale* (10,4 %).

4.3.3.2 Vzorčno mesto S2

a) Taksonomska sestava združbe kremenastih alg

V vzorcih z vzorčnega mesta Polule (S2) smo v obdobju vseh treh vzorčenj določili 45 taksonov kremenastih alg. Največ smo jih določili v poletnem vzorcu in sicer 37 taksonov. V spomladanskem in zimskem vzorcu smo določili 31 taksonov kremenastih alg.

Vrst, katerih delež je v vsaj enem vzorcu presegel 5 % je bilo 7. Med njimi je bil tudi *Achnanthes biasolettiana*, ki je imel v vseh treh vzorčenjih največji delež (17,8 - 39,9 %). V zimskem in spomladanskem vzorcu sta imela velik delež tudi *Nitzschia fonticola* (10,7 % pozimi in 14,2 % spomladi) ter *Nitzschia dissipata* (7,2 % spomladi in 18,7 % pozimi). V spomladanskem vzorcu so imele velik delež še *Gomphonema angustatum* (13,1 %), *Amphora pediculus* (8,6 %) ter *Cymbella minuta* (5,5 %), v poletnem vzorcu pa *Cymbella affinis* (13,8 %), *Navicula capitatoradiata* (12,1 %) ter *Navicula menisculus* (5 %).

b) Taksonomska sestava združbe vseh alg

V vzorcih z vzorčnega mesta S2 smo določili 59 taksonov alg. Največ (46) taksonov smo določili v poletnem vzorcu, najmanj pa v spomladanskem, ko smo določili 35 taksonov. V zimskem vzorcu smo določili 38 taksonov alg. Od 59 taksonov se je v vseh vzorcih pojavljalo 24 taksonov alg. Vrste katerih delež je vsaj enkrat presegel 5 % so bile: *Achnanthes biasolettiana*, *Amphora pediculus*, *Cymbella affinis*, *Cymbella minuta*, *Gomphonema angustatum*, *Navicula capitatoradiata*, *Nitzschia dissipata*, *Nitzschia fonticola* ter *Homeotrix varians*.

V zimskem, spomladanskem in poletnem vzorcu je imela delež večji od 5 % samo vrsta *Navicula capitatoradiata*. V poletnem vzorcu so imele velike deleže še vrste *Homeotrix varians* (31,6 %), *Achnanthes biasolettiana* (26,7 %), *Cymbella affinis* (9,2 %) in *Navicula capitatoradiata* (8,1 %). V zimskem vzorcu so imele velik delež *Achnanthes biasolettiana* (27,8 %), *Nitzschia dissipata* (17,9 %) ter *Nitzschia fonticola* (10,2 %).

4.3.3.3 Vzorčno mesto S3

a) Taksonomska sestava združbe kremenastih alg

V vzorcih z vzorčnega mesta Brstnik (S3) smo določili 45 taksonov kremenastih alg. Največ, 37 taksonov smo določili v poletnem vzorcu, najmanj, 30 taksonov pa v spomladanskem vzorcu. V zimskem vzorcu smo določili 33 taksonov kremenastih alg. Vrste, katerih delež je bil večji od 5 % so bile: *Achnanthes biasolettiana* (17,8 % - 18,7 %), *Amphora pediculus* (7,7 % - 9,7 %) ter *Nitzschia fonticola* (5,9 % - 14,2 %).

V poletnem vzorcu je imelo 6 vrst delež večji od 5 %. To so bile: *Navicula capitatoradiata* (20,1 %), *Achnanthes biasolettiana* (18,7 %), *Cymbella affinis* (10,2 %), *Amphora pediculus* (7,7 %), *Nitzschia fonticola* (5,9 %) ter *Cocconeis placentula* (5,9 %). V zimskem vzorcu so imele največje deleže vrste *Achnanthes biasolettiana* (18,7 %), *Nitzschia fonticola* (10,4 %), *Amphora pediculus* (9,7 %), *Nitzschia dissipata* (6,5 %) ter *Diatoma vulgare* (6 %). V spomladanskem vzorcu pa so več kot 5 % delež imele naslednje vrste: *Achnanthes biasolettiana* (17,8 %), *Nitzschia fonticola* (14,2 %), *Gomphonema angustatum* (13,1 %), *Amphora pediculus* (8,6 %), *Nitzschia dissipata* (7,2 %) ter *Cymbella minuta* (5,5 %).

b) Taksonomska sestava združbe vseh alg

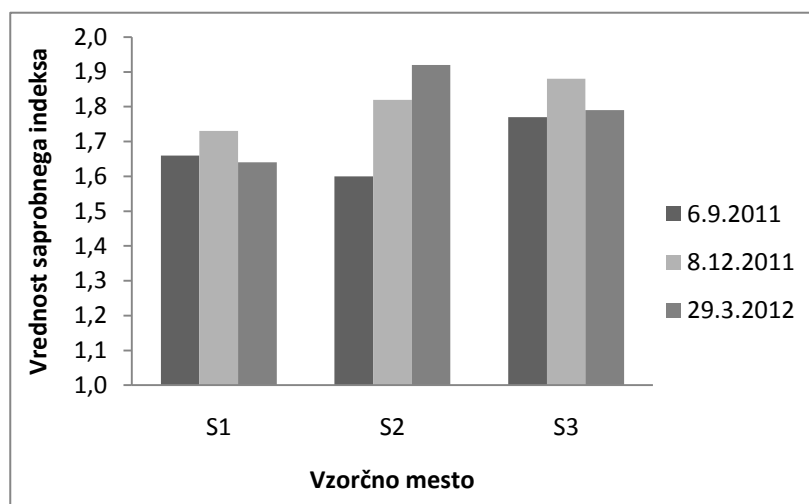
V vzorcih s tretjega vzorčnega mesta smo določili 61 taksonov alg. V poletnem vzorcu smo jih določili največ in sicer 48, v zimskem in spomladanskem pa 38 taksonov. Vrsti, ki sta se pojavljali z največjim deležem sta bili *Achnanthes biasolettiana* (11,7 – 30 %) in *Homeotrix varians* (11,7 – 23,7 %). V poletnem vzorcu so 5 % delež presegle še vrste *Phormidium autumnale* (12,6 %), *Navicula capitatoradiata* (12,5 %) in *Cymbella affinis* (6,4 %), v zimskem *Phormidium autumnale* (15,4 %), *Nitzschia fonticola* (6,7 %), *Amphora pediculus* (6,4 %) ter *Navicula reinhardtiana* (5,2 %), v spomladanskem vzorcu pa *Amphora pediculus* (20,7 %) in *Nitzschia fonticola* (7,5 %).

4.4 SAPROBNI INDEKS

Vrednosti saprobnega indeksa na različnih vzorčnih mestih in v različnih časih vzorčenja, izračunane na podlagi kremenastih alg in na podlagi vseh prisotnih alg ter ocena kakovosti vode na podlagi vrednosti saprobnega indeksa so podane v Prilogi J in prikazane na slikah 26 in 27.

Saprobna vrednost izračunana na podlagi združbe kremenastih alg:

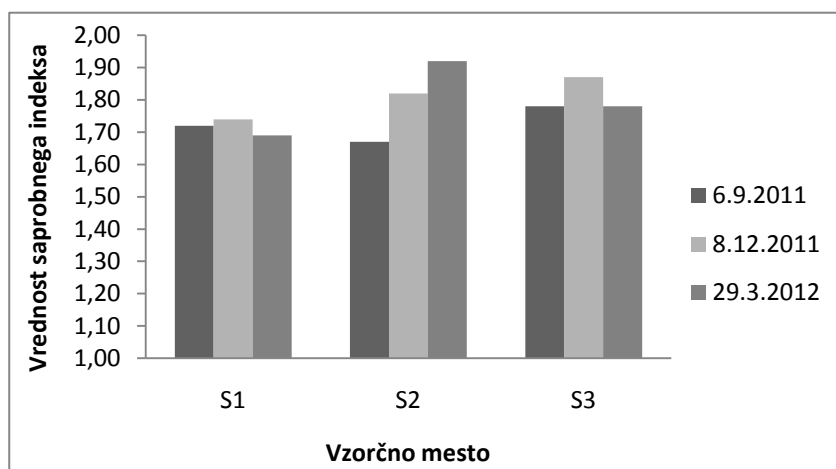
Na podlagi relativne pogostosti kremenastih alg smo izračunali vrednosti saprobnega indeksa. Na vzorčnem mestu S1 smo v vseh obdobjih vzorčenja preučevani odsek Savinje uvrstili v 1.-2. kakovostni razred. Saprobna stopnja v tem odseku Savinje je bila oligo do β -mezosaprobna, kar pomeni da je bila stopnja organske obremenjenosti vodotoka majhna. Vzorčno mesto S2 smo na podlagi združbe kremenastih alg v poletnem vzorcu uvrstili v 1.-2. kakovostni razred. Na podlagi zimskega in spomladanskega vzorca pa smo ta odsek Savinje uvrstili v 2. kakovostni razred, kar pomeni, da je bila stopnja obremenjenosti vodotoka zmerna in gre za β -mezosaprobno stopnjo. Glede na izračunano saprobno vrednost smo vzorčno mesto S3 ob vseh datumih vzorčenja uvrstili v 2. kakovostni razred.



Slika 26: Vrednosti saprobnega indeksa, izračunanega na podlagi prisotnih kremenastih alg, na različnih vzorčnih mestih ob različnih datumih vzorčenja na vodotoku Savinja.

Saprobna vrednost izračunana na podlagi združbe vseh alg:

Najvišje vrednosti saprobnega indeksa smo izračunali za mesto S3, najnižje pa za mesto S1, vendar razlike med temi vrednostmi niso bile velike. Najvišjo vrednost (1,92) smo izračunali za spomladanski vzorec nabran na mestu S1, najnižjo (1,67) pa za poletni vzorec nabran na S2. Mesto S1 smo na podlagi izračunanih vrednosti za poletni, zimski in spomladanski vzorec uvrstili v 1.-2. kakovostni razred. Mesto S2 smo v 1.-2. kakovostni razred uvrstili samo na podlagi izračunanih vrednosti saprobnega indeksa v poletnem vzorcu, glede na izračunane vrednosti zimskega in spomladanskega vzorca pa smo vzorčno mesto uvrstili v 2. kakovostni razred. Mesto S3 smo na podlagi izračunanih vrednosti saprobnega indeksa poletnega in spomladanskega vzorca uvrstili v 1.-2. kakovostni razred, na podlagi zimskega vzorca pa v 2. kakovostni razred.

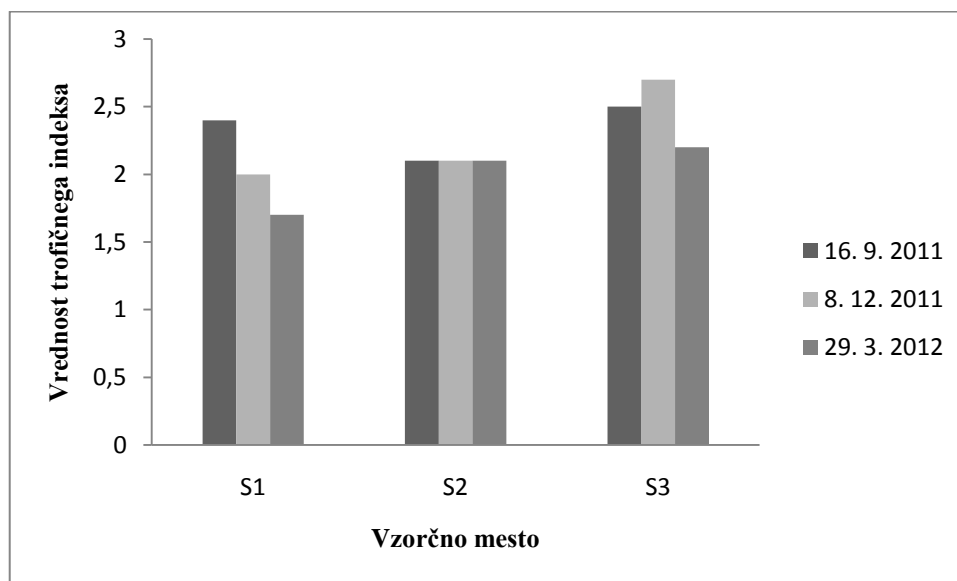


Slika 27: Vrednosti saprobnega indeksa, izračunanega na podlagi prisotnosti vseh alg, na različnih vzorčnih mestih ob različnih datumih vzorčenja na vodotoku Savinja.

4.5 TROFIČNI INDEKS PO ROTTU

Vrednosti trofičnega indeksa po Rottu (1999) na različnih vzorčnih mestih vodotoka Savinja ob različnih datumih vzorčenja so prikazane na sliki 28 in v Prilogi K.

Najvišjo vrednost indeksa (2,7) smo izračunali za mesto S3 v zimskem vzorcu, kar pomeni, da gre za ev-politrofno stopnjo trofije. Najnižjo vrednost pa smo izračunali za mesto S1 (1,7) v spomladanskem vzorcu, kar pomeni, da gre za mezotrofno stopnjo trofije. Za vzorčno mesto S2 smo na podlagi poletnih, zimskih in spomladanskih vzorcev izračunali enako vrednost indeksa (2,1). V vsaki sezoni vzorčenja smo najvišje vrednosti izračunali za mesto S3. Vrednosti indeksa so v spomladanskem in zimskem času naraščale dolvodno, v času poletnega vzorčenja pa smo visoko vrednost (2,4) glede na ostala vzorčna mesta, izračunali za vzorčno mesto S1.

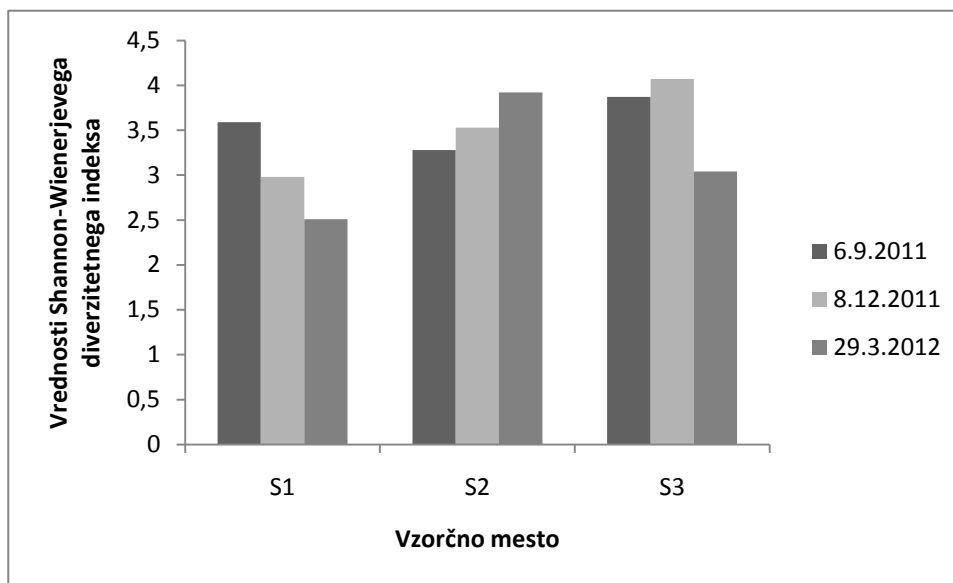


Slika 28: Vrednosti trofičnega indeksa po Rottu (1999) na različnih vzorčnih mestih na vodotoku Savinja ob različnih datumih vzorčenja.

4.6 SHANNON-WIENERJEV DIVERZITETNI INDEKS

Vrednosti Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa na različnih vzorčnih mestih vodotoka Savinja ob različnih datumih vzorčenja so prikazane na sliki 29 in v Prilogi L.

Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks smo izračunali na podlagi relativne pogostosti vrst kremenastih alg. Najvišjo vrednost diverzitetnega indeksa smo izračunali za zimski vzorec nabran na vzorčnem mestu S3 (4,07), najnižjo pa za spomladanski vzorec nabran na mestu S1 (2,51). Najvišje vrednosti smo izračunali za vzorčno mesto S3, kjer smo določili tudi največje število taksonov (11), katerih delež je bil večji od 5 %. Najnižje vrednosti diverzitetnega indeksa pa smo izračunali za prvo vzorčno mesto S1, kjer je bilo tudi najmanj vrst (6), ki so bile prisotne z deležem večjim od 5 %.



Slika 29: Vrednosti Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa na različnih vzorčnih mestih na vodotoku Savinja ob različnih datumih vzorčenja.

Omenjeno najnižjo vrednost smo izračunali za spomladanski vzorec nabran na mestu S1 (2,51), kjer smo določili 30 taksonov kremenastih alg od tega so imeli 3 taksoni delež večji od 5 %. Močno je prevladoval *Achnanthes biasolettiana*, ki je imel kar 57 % delež. Nekoliko višjo vrednost diverzitetnega indeksa (2,98) smo izračunali za zimski vzorec nabran na mestu S1, kjer smo določili 30 vrst kremenastih alg, od tega so imele 3 vrste delež večji od 5 %. Z največjim deležem (46 %) je prevladoval *Achnanthes biasolettiana*. Vrednost diverzitetnega indeksa v spomladanskem vzorcu nabranem na mestu S3 je bila 3,04. V tem vzorcu smo določili 30 vrst kremenastih alg, od tega so imele 3 vrste delež večji od 5 %. Ponovno je prevladovala vrsta *Achnanthes biasolettiana* (37 %), velik delež pa je imela še *Amphora pediculus* (26 %). Kljub temu, da smo v poletnem vzorcu nabranem na mestu S2 določili največje število taksonov kremenastih alg (37), je diverzitetni indeks dosegel vrednost 3,28. Bile so prisotne le 3 vrste, ki so imele delež večji od 5 %. Poleg vrste *Achnanthes biasolettiana*, ki je imela 40 % delež, so bile prisotne še *Cymbella affinis* (14 %) ter *Navicula capitatoradiata* (12 %).

Visoko vrednost indeksa (3,59) smo izračunali za poletni vzorec nabran na mestu S1, kjer smo določili 30 različnih taksonov kremenastih alg, od tega je 5 vrst imelo delež večji od 5 %. Največje deleže so imele naslednje vrste: *Achnanthes biasolettiana* (26 %), *Navicula*

capitatoradiata (17 %) ter *Cymbella affinis* (11 %). V poletnem vzorcu, nabranem na mestu S3, smo določili največje število taksonov (37), od tega je imelo 5 taksonov delež večji od 5 %. Na tem mestu je z 20 % deležem prevladovala *Navicula capitatoradiata*, *Achnanthes biasolettiana* pa je imel 19% delež. Na mestu S2 smo v spomladanskem vzorcu določili 31 taksonov kremenastih alg, od tega je imelo 7 taksonov delež večji od 5 %. Največje deleže so imele vrste *Achnanthes biasolettiana* (18 %), *Nitzschia fonticola* (16 %) ter *Gomphonema angustatum* (13 %).

Najvišjo vrednost diverzitetnega indeksa (4,07) smo izračunali za zimski vzorec nabran na mestu S3. V vzorcih, nabranih na mestu S3, smo določili 33 taksonov kremenastih alg od tega je 8 taksonov imelo delež večji od 5 %. Največji delež je ponovno imel *Achnanthes biasolettiana* (19 %), velike deleže pa so imele še *Nitzschia fonticola* (10 %), *Amphora pediculus* (10 %) ter *Navicula reinhardtiana* (8 %).

4.7 KLASTRSKI ANALIZI ZDRUŽB PERIFITONSKIH ALG

Klastrske analize združb kremenastih in vseh perifitonskih alg so prikazane na slikah 30, 31, 32 in 33. Dendrogrami so narejeni na podlagi Bray-Curtisovega indeksa podobnosti (sliki 30 in 32) ter Sørensenovega indeksa (sliki 31 in 33) s programom SYN-TAX. Uporabili smo UPGMA metodo klastiranja. Različnost vzorcev (angl. dissimilarity) je vrednost med 0 in 1. Višja kot je, bolj sta si vzorca ali skupini vzorcev različni. Pri tem gledamo višino razcepov vej dendrograma.

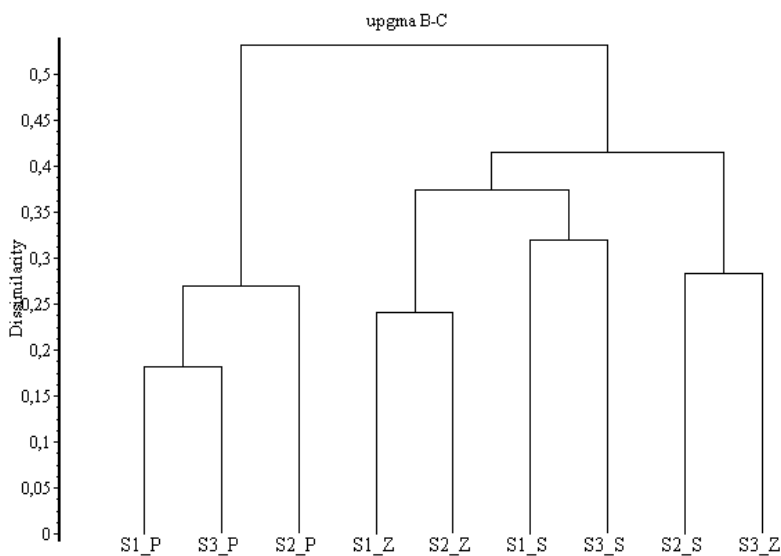
Oznake na slikah 30, 31, 32 in 33 so prikazane v Prilogi M.

Združba kremenastih alg

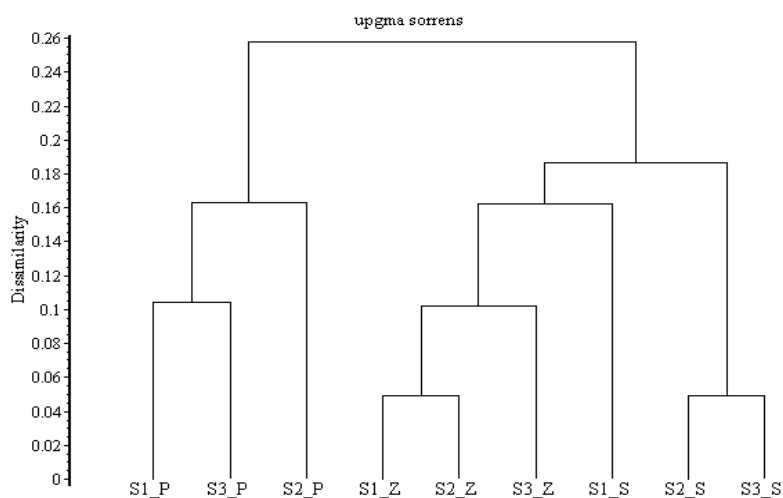
Prikazana dendrograma kažeta podobnost združb kremenastih alg na različnih vzorčnih mestih. V prvem dendrogramu (slika 30) je prikazana podobnost med različnimi vzorci, nabranimi na različnih vzorčnih mestih, izračunana na podlagi kremenastih alg z uporabo Bray-Curtisovega indeksa. Uporaba teh vrednosti najbolj neposredno odraža realno stanje, saj upošteva številčnost, ki smo jo dobili pri pregledu vzorcev. Pri tem dendrogramu smo pokazali vpliv zelo številčnih taksonov na podobnost med vzorci nabranimi na različnih

vzorčnih mestih in med vzorci, ki so bili nabrani v različnih sezonah. Slika 30 prikazuje dendrogram, narejen na podlagi Sørensenovega indeksa, kjer je številčnost posameznih vrst zanemarjena.

Pri obeh dendrogramih (sliki 30 in 31) je razvidno, da so poletni vzorci drugačni od ostalih, ne glede na vzorčno mesto. Pri prvem dendrogramu (slika 30) smo opazili, da so si vzorci nabrani na mestu S2 v spomladanskem času (S2_S) in vzorci nabrani na mestu S3 v zimskem času (S3_Z) zelo podobni in ločeni od ostalih. To pomeni, da je imela na združbo kremenastih alg pomembnejši vpliv lokacija vzorčenja kot pa sezona vzorčenja. Dendrogram, narejen na podlagi Sørensenovega indeksa (slika 31) pa kaže večjo podobnost med vzorci, nabranimi v posameznih sezonah vzorčenja kot pa med vzorci nabranimi na posameznih vzorčnih mestih. Takšna struktura dendrograma kaže na velike razlike v združbi kremenastih alg med posameznimi sezonami.



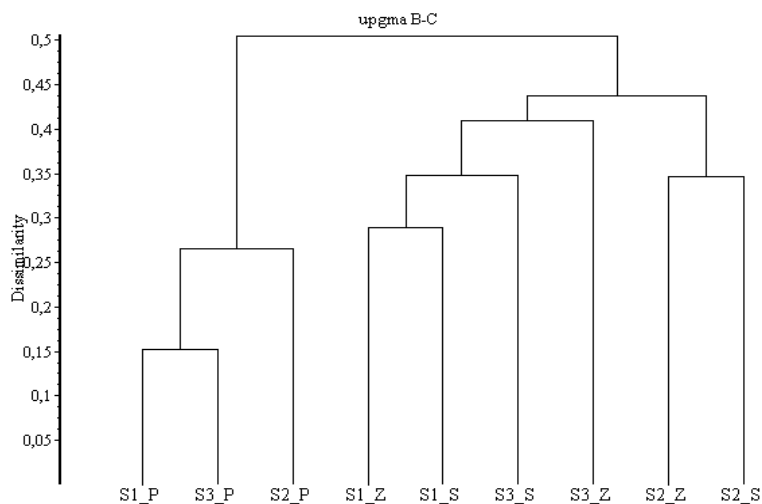
Slika 30: Klastrska analiza narejena z UPGMA metodo klastriranja na osnovi združbe kremenastih alg v vodotoku Savinja z uporabo Bray-Curtisovega koeficienta podobnosti.



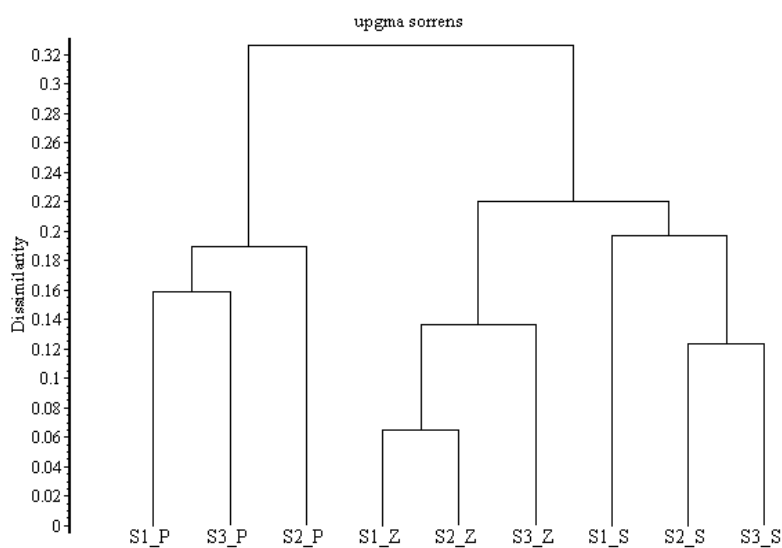
Slika 31: Klastrska analiza narejena z UPGMA metodo klastiranja na osnovi združbe kremenastih alg v vodotoku Savinja z uporabo Sørensenovega indeksa podobnosti.

Združba vseh alg

Dendrograma na slikah 31 in 32 kažeta podobnost med vzorci na osnovi vseh skupin alg. Uporabili smo dendrogram narejen na podlagi vrednosti Bray-Curtisovega indeksa (slika 31) ter dendrogram narejen na podlagi vrednosti Sørensenovega indeksa (slika 32). Pri obeh dendrogramih so ponovno izstopali poletni vzorci, ki so si bili najbolj podobni ne glede na vzorčno mesto. Pri prvem dendrogramu (slika 32) smo opazili, da so si vzorci, ki so bili nabrani na istih lokacijah ob različnih sezonah vzorčenja bolj podobni. To pomeni, da je imela v času zimskega in spomladanskega vzorčenja lokacija vzorčenja večji vpliv na združbo vseh alg kot pa sezona vzorčenja. Pri dendrogramu, narejenemu na podlagi Sørensenovega indeksa (slika 33) pa smo ponovno opazili izrazito podobnost med vzorci, ki so bili nabrani v isti sezoni kot pa med vzorci nabranimi na različnih vzorčnih mestih.



Slika 32: Klastrska analiza narejena z UPGMA metodo klastriranja na osnovi združbe vseh alg v vodotoku Savinja z uporabo Bray-Curtisovega koeficienta podobnosti.



Slika 33: Klastrska analiza narejena z UPGMA metodo klastriranja na osnovi združbe vseh alg v vodotoku Savinja z uporabo Sørensenovega indeksa podobnosti.

5 RAZPRAVA

Namen naloge je bilo sezonsko spremljanje razlik v vrstni sestavi in diverziteti perifitonske združbe v reki Savinji na območju Celja. Hkrati smo spremljali tudi longitudinalne spremembe različnih abiotičnih parametrov in skušali ugotoviti, kakšen je njihov vpliv na vrstno sestavo in diverzitetu perifitonske združbe. Predpostavili smo, da bo viden vpliv potencialnih onesnaževalcev kot so pritoki z industrializiranega območja mesta Celje na vzorčnem mestu Polule ter dotok s hranili bogate, prečiščene odpadne vode CČN Celje na vzorčnem mestu Brstnik. Vzorčenje perifitona je v naši raziskavi potekalo enako kot pri Koren (2009), ki je vzorčil v letih 2007 in 2008. Zaradi podobnih metod dela, smo lahko primerjali določene rezultate z našimi in tako ugotovili ali se je stanje v reki Savinji na izbranem odseku poslabšalo oz. izboljšalo.

Hitrost vodnega toka

Hitrosti toka so bile najvišje na vzorčnem mestu S2, kjer je bila struga najožja, globina vode pa v povprečju najnižja. Na tem mestu je prevladoval tudi manjši substrat kot na ostalih dveh mestih (mikrolital). Najnižje hitrosti toka smo v povprečju izmerili na vzorčnem mestu S3, kjer sta bili širina struge in globina vode največji. S spremembo hitrosti vodnega toka lahko nastanejo spremembe v vrstni sestavi perifitona. Večanje hitrosti pospešuje naseljevanje pritrjenih organizmov, z manjšanjem hitrosti in usedanjem drobnih delcev, pa se poveča število organizmov živečih na mulju (epipelični organizmi) (Rolland in sod., 1997; Yamada in Nakamura, 2002). V našem primeru se vpliv nižjih hitrosti na mestu S3 odraža v pojavljanju vrst, ki so sicer značilne za fitoplankton kot npr. *Pediastrum boryanum*, *Scenedesmus abundans* ter *Closterium moniliferum*.

Anorganski substrat

Na prvem vzorčnem mestu S1 sta prevladovala mezolital in mikrolital. Ker je polovico predstavljal mezolital, smo predvidevali da gre za stabilen substrat. Na tem mestu je bil substrat najbolj heterogen, tako v smislu velikosti kot v kamninski sestavi in površini delcev. Heterogenost substrata je povezana z razpoložljivostjo zavetišč za alge, saj le ta zmanjša učinke visokega pretoka in velikih hitrosti toka (Schneck in Sanches Melo, 2012). Zavetišče jim nudijo razpoke na kamnih v katere se zatečejo in tako lažje kljubujejo

motnjam in hitreje rekolonizirajo življenjski prostor po prenehanju motnje (Lancaster in Hildrew, 1993). Na vzorčnem mestu S2 so prevladovali veliki prodniki in majhni kamni, prisotna pa sta bila tudi pesek in mulj. Ker se je tukaj širina struge glede na vzorčno mesto S1 močno zmanjšala, se je povečala hitrost vodnega toka. Predvidevamo, da se je ob hitrem toku manjši substrat resuspendiral, kar bi poslabšalo svetlobne razmere in s tem zmanjšalo perifitonsko obrast. Hiter tok prav tako povzroči prevračanje majhnih kamnov in prodnikov kar uniči obrast. To bi lahko bili tudi razlogi zakaj smo na mestu S2 izračunali najnižjo suho maso vzorcev. Na vzorčnem mestu S2 je bila struga najbolj regulirana kar je najverjetneje povzročilo manjšo heterogenost substrata, kot v manj reguliranem delu struge. Na mestu S3 je prevladoval velik substrat, ki je omogočal večjo stabilnost in boljši razvoj perifitonske združbe. Največ je bilo megalitala, ki je pokrival kar 40 % površine. Z velikimi deleži pa so se pojavljali še makrolital, mezolital in mikrolital. Drobnege anorganskega substrata kljub majhnim hitrostim toka nismo opazili.

Organski substrat

Nitastih alg in kosmov je bilo največ v poletnih in zimskih vzorcih, v spomladanskih vzorcih pa smo jih opazili najmanj. Potopljene makrofite (*Myriophyllum spicatum*) smo opazili le ob robovih struge na vzorčnem mestu S3. Na mestih, kjer je pokrovnost nitastih alg večja, bo večja tudi nasičenost vode s kisikom (Toman, 2009/10a). Na S3 smo izmerili drugo najvišjo vrednost nasičenosti vode s kisikom (138 %). Na vseh vzorčnih mestih smo opazili naplavljenе veje ter manjše odmrle organske delce medtem ko večjih odmrlih organskih delcev nismo opazili. V času zimskega vzorčenja potopljenih makrofitov nismo opazili. Poraščenost dna z algami je bila največja na mestu S3 (90 %), kjer smo izmerili najnižjo hitrost vodnega toka. Poleg teh dveh dejavnikov je k ugodnim razmeram za razrast alg na mestu S3 prispeval še stabilen substrat. Najmanj alg smo opazili na mestu S1 (70 %), kjer smo v času zimskega vzorčenja izmerili tudi najhitrejši tok vode (0,63 m/s). V času spomladanskega vzorčenja je bila poraščenost z algami najmanjša. Na vzorčnem mestu S2 smo opazili le 10 % delež alg, največji delež alg pa smo ponovno opazili na mestu S3 (55 %), le nekaj manj pa na mestu S1 (50 %). V času spomladanskega vzorčenja smo zabeležili največji delež manjših odmrlih organskih delcev in sicer na mestu S2 (70 %), na

mestu S3 pa 40 % delež. Večjih odmrlih organskih delcev nismo opazili, smo pa opazili večji delež ksilala in sicer s 5 % deležem na S2 in S3 ter majhnim deležem na mestu S1.

Temperatura vode

Temperatura vode se v vodotokih spreminja diurnalno, sezonsko in prostorsko. Sezonske spremembe v temperaturi vode v rekah navadno sledijo sezonskim spremembam v ozračju in so zato temperature enake kot povprečna mesečna temperatura ozračja. Izjema so temperature pozimi, saj te v rekah niso nižje od 0 °C in spomladi, ko se reke segrevajo počasneje kot ozračje (Allan in Castillo, 2007). Najvišje temperature smo izmerili v času poletnega vzorčenja, najnižje pa v času zimskega vzorčenja. Zaradi diurnalnih sprememb v temperaturi vode, je pomemben podatek, kdaj v dnevu smo opravljali meritve. Velik vpliv na izmerjeno temperaturo tekom dneva je imela absorpcija sončevega sevanja, saj na vzorčenem odseku Savinje obrežna vegetacija senči le majhen del struge. Vedno smo najprej vzorčili na mestu S1 in sicer v dopoldanskih urah, zato je bila tukaj izmerjena temperatura v posameznih obdobjih vzorčenja najnižja. Na mestu S2 smo meritve opravljali v zgodnjih popoldanskih urah (12.00 do 15.00) zato je bila temperatura tukaj višja kot na ostalih dveh mestih. Navadno temperatura narašča dolvodno po reki, zato predvidevamo, da ima na višjo temperaturo na tem vzorčnem mestu tudi velik vpliv reka Voglajna, ki se ravno na tem mestu izteka v reko Savinjo. Toman (2007) je pri vzorčenju na reki Voglajni ugotovila, da Voglajna vpliva na temperaturo reke Savinje na mestu S2.

Koncentracija raztopljenega kisika

Koncentracija raztopljenega kisika v vodi je odvisna od temperature, slanosti, turbulence, fotosintezne aktivnosti primarnih producentov in respiratorne aktivnosti življenjske združbe (Urbanič in Toman, 2003). Izmerili smo vrednosti med 11,7 mg/L v času poletnega vzorčenja in 14,8 mg/L v času zimskega vzorčenja. Koncentracija kisika se lahko spreminja sezonsko in dnevno, topnost kisika v vodi pa se zmanjšuje z višanjem temperature (Allan in Castillo, 2007). Najvišje vrednosti raztopljenega kisika smo zato izmerili v času zimskega vzorčenja, najnižje vrednosti pa v času poletnega vzorčenja. V času spomladanskega vzorčenja smo izmerili le nekoliko višje koncentracije (12,3 mg/L) kot v času poletnega vzorčenja (12,0 mg/L) kljub temu, da je bila v času spomladanskega vzorčenja temperatura tudi do 10 °C nižja. Takšni rezultati so zato najverjetneje posledica

povečane fotosintezne aktivnosti v poletnem času. Gre za biogeno prezračevanje, zaradi česar pa so vrednosti, ki smo jih izmerili na prvem vzorčnem mestu S1 nižje, saj smo na tem mestu meritve izvajali v jutranjih urah, ko je bila fotosintezna aktivnost nižja kot v popoldanskih meritvah na ostalih dveh vzorčnih mestih.

Nasičenost vode s kisikom

Nasičenost vode s kisikom je ob vseh vzorčenjih presegala 100 %, kar pomeni, da je bila primarna produkcija večja od respiracije in lahko govorimo o biogenem prezračevanju. Nasičenost vode s kisikom je naraščala po toku navzdol, razen v času poletnega vzorčenja, ko je bila najvišja izmerjena nasičenost na mestu S2. Vzrok za takšno razporeditev rezultatov je odvisnost nasičenosti vode s kisikom od temperature in neposredno od tega, v katerem delu dneva smo izvajali meritve. V dopoldanskem času, ko so bile temperature najnižje, smo vzorčili na mestu S1 in nato nadaljevali po toku navzdol. V času zimskega in spomladanskega vzorčenja smo meritve na S3 opravljali okoli 15. ure, v času poletnega vzorčenja pa šele okoli 17. ure. Zato smo najvišjo vrednost poleti izmerili na mestu S2, kjer smo meritve izvajali okoli 15. ure. Največjo nasičenost vode s kisikom smo v povprečju izmerili v času poletnega vzorčenja (136 %), najmanjšo pa v času spomladanskega vzorčenja (112 %). Na velik biogen vnos kažejo tudi prisotne alge, ki jih je bilo v suhi masi v času poletnega vzorčenja največ, v času spomladanskega pa najmanj.

Elektroprevodnost

Najvišje vrednosti elektroprevodnosti smo izmerili v času spomladanskega vzorčenja in najnižje v času poletnega vzorčenja. V poletnem času je bila elektroprevodnost najverjetneje manjša zaradi povečane bioprodukcije, kar dokazuje tudi največja izmerjena količina klorofila *a* in največja suha masa vzorcev. V spomladanskem času je sicer za naravne vodotoke značilna majhna vrednost elektroprevodnosti, smo pa izmerili v tem času največjo količino nitratov v vodi, kar sovpada s koncentracijo vseh raztopljenih snovi (TDS). Potencialni onesnaževalci z nitratom bi lahko bile kmetijske površine, ki ležijo vzdolž struge ter bližina cest s katerih se spirajo snovi v reko. Na vzorčnem mestu S1 smo izmerili najmanjše vrednosti, ki so si bile v vseh letnih časih zelo podobne (375 - 384 $\mu\text{S/cm}$). Takšne rezultate smo tudi pričakovali, saj leži vzorčno mesto S1 pred mestom Celje in nismo predvidevali, da bi na to mesto vplivali potencialni onesnaževalci, kot je

urbano okolje. Na mestu S2 so bile izmerjene vrednosti po pričakovanjih najvišje (630 - 738 $\mu\text{S}/\text{cm}$), saj smo predvidevali da ima na reko Savinjo na tem mestu velik vpliv reka Voglajna, ki se tukaj izliva v Savinjo. Tudi Koren (2009) je na vzorčnem mestu Polule izmeril najvišje vrednosti elektroprevodnosti. Glede na ostali dve vzorčni mesti so bile izmerjene vrednosti visoke. Ker na ostalih dveh mestih ni bilo direktnega pritoka v reko, smo predvidevali, da so izmerjene visoke vrednosti elektroprevodnosti posledica pritoka reke Voglajne, delno pa tudi soli, ki se je spirala z asfaltnih površin, predvsem v času zimskega in spomladanskega merjenja. Meritve, ki jih je opravila Toman (2007) na reki Voglajni, potrjujejo visoke vrednosti elektroprevodnosti. Ker na tem mestu količina nitratov ni bila visoka, sklepamo, da je prevodnost povišala prisotnost drugih ionov. Na mestu S3 so bile vrednosti elektroprevodnosti višje kot na mestu S1, vendar znatno nižje kot na mestu S2. Tudi na mestu S3 so si vrednosti med posameznimi letnimi časi podobne (458 – 469 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Rezultati meritev elektroprevodnosti so se ujeli z rezultati meritev TDS, kjer se je pojavljal enak vzorec meritev, saj smo največ suspendiranih snovi izmerili ravno na mestu S2.

Skupne raztopljene snovi (TDS)

Najvišje vrednosti TDS smo izmerili v času spomladanskega vzorčenja, kar se ujema s povišanimi vrednostmi elektroprevodnosti, nitratov in pH v tem času. V spomladanskem času bi lahko bili potencialni viri onesnaženja spiranje soli s cestnih površin ter spiranje nitratov s kmetijskih površin. V času poletnega vzorčenja so bile vrednosti TDS najnižje. Na mestu S1 smo izmerili najnižje vrednosti, na mestu S2 pa smo izmerili najvišje vrednosti elektroprevodnosti ter najvišje vrednosti TDS. Glede na to, da vzorčno mesto S2 leži za mestom Celje in da se tukaj v Savinjo izliva reka Voglajna, ki kot glavna odvodnica komunalnih in industrijskih odplak mesta Celja in bližnjih naselij poleg organskih snovi prinaša tudi anorganske raztopljene snovi v reko Savinjo (Toman, 2007), smo takšne visoke vrednosti pričakovali. Na tem vzorčnem mestu je najvišje vrednosti TDS izmeril tudi Koren (2009). Do mesta S3 so se vrednosti znižale, vendar so bile vrednosti na tem mestu višje kot na mestu S1. Vrednosti, ki smo jih izmerili so bile pričakovane, saj so za reke značilne vrednosti TDS med 100 mg/L in 1000 mg/L (Urbanič in Toman, 2003).

pH

Vrednosti pH so bile med 8,1 in 8,5. Opazili smo spreminjanje pH vrednosti podnevi, saj se je v poletnem in zimskem vzorčenju pH po toku navzdol večal, kar bi lahko bila posledica porabe CO₂ pri primarnih producentih v procesu fotosinteze in s tem zviševanje pH v popoldanskem času. Ponoči pa se je zaradi respiracije pH znižal, kar pomeni, da smo v jutranjih urah zato izmerili tudi nižji pH. Na mestu S3 je v zimskem vzorčenju pH dosegel vrednost 8,5 kar je še ravno v območju vrednosti, ki so značilne za večino naravnih voda (6 – 8,5) (Urbanič in Toman, 2003). V času spomladanskega vzorčenja smo na vseh vzorčnih mestih izmerili enake in najnižje pH vrednosti (8,1) izmed vseh datumov vzorčenja. Razlike v pH vrednostih med posameznimi sezonami vzorčenja in med posameznimi vzorčnimi mesti so bile majhne.

Koncentracija nitratov

Najvišje koncentracije nitratov smo izmerili v spomladanskih vzorcih, najnižje pa v zimskih. Vrednosti TDS delno sovpadajo z izmerjenimi koncentracijami nitratov v vodi, saj smo najvišje koncentracije nitratov izmerili v spomladanskem času. Najvišje vrednosti koncentracije nitratov sovpadajo s časom intenzivnega gnojenja kmetijskih površin in posledičnega spiranja v vodno okolje. V neonesnaženih vodah so sezonske spremembe nitratov posledica primarne produkcije in odmiranja organizmov, vendar običajno ne presegajo 1 mg/L. Višje koncentracije so posledica spiranja iz gnojnih kmetijskih površin. Visoke koncentracije nitratov nakazujejo prisotnost komunalnih in industrijskih odpadnih voda (Urbanič in Toman, 2003). Koren (2009) je prav tako določil najvišje koncentracije nitratov v spomladanskem vzorcu, najnižje pa v poznem jesenskem vzorcu. Zaradi podobnosti rezultatov lahko predvidevamo, da so povečane koncentracije nitratov v vodi v spomladanskem času posledica intenzivnega kmetijstva v srednjem delu porečja Savinje, vendar tega ne moremo zagotovo trditi, saj nismo opazovali kdaj so kmetje gnojili svoje kmetijske površine. Najvišjo koncentracijo nitratov smo izmerili v času spomladanskega vzorčenja na S3 (6,6 mg/L), najnižjo pa v času zimskega vzorčenja na S1 (3,9 mg/L). Glede na visoko razrast alg na vseh treh vzorčnih mestih, so te koncentracije visoke in v večini vzorčenj presegajo 5 mg/L vendar ne presegajo zakonsko določenih mejnih vrednosti za nitrat v rekah.

Na vzorčnem mestu S1 smo izmerili visoke vrednosti nitratov, čeprav smo pričakovali, da bodo vrednosti nižje, ker leži to vzorčno mesto pred mestom Celje. Potencialni vir za povečanje količine nitratov za to vzorčno mesto bi lahko bilo spiranje s kmetijskih površin, ki ležijo ob levem bregu Savinje gorvodno od vzorčnega mesta in ČN Kasaze. Na vzorčnem mestu S2 smo visoke vrednosti pričakovali zaradi bližine mesta Celje ter izliva reke Voglajne v Savinjo. Najvišje vrednosti pa smo izmerili na mestu S3, kjer bi lahko bil potencialni vir za povečano količino nitratov izpust iz CČN Celje. Najnižjo vrednost smo na tem mestu izmerili v času poletnega vzorčenja (4,8 mg/L), sledilo je zimsko vzorčenje (6,0 mg/L), najvišjo koncentracijo pa smo izmerili v času spomladanskega vzorčenja (6,6 mg/L).

Koncentracija fosfatov

Koncentracija ortofosfatnih ionov je bila v vseh vzorcih pod mejo detekcije uporabljene metode (0,1 mg/L). Ker je fosfor v naravi prisoten v zelo majhnih količinah in ker ga rastline zelo dobro privzemajo, je v tekočih vodah prisoten v nizkih koncentracijah in je dejavnik, ki omejuje produkcijo vodnih teles (Wetzel, 2001). Zato bi bilo bolje kot merilo za koncentracijo fosforja v vodi uporabiti količino totalnega fosforja v vodi, saj je ortofosfat zelo reaktiven in ga alge ves čas vgrajujejo v svoje celične strukture. Nizke vsebnosti ortofosfata torej ne pomenijo, da se v vodi nahaja majhna koncentracija skupnega fosforja. Koncentracija hranil, še posebno fosforja, narašča v urbanih predelih predvsem zaradi padavin, ki povzročajo spiranje z urbanih površin (Osborne in Willey, 1988; Welch in sod., 1998).

Suha masa vzorca

Merjenje suhe mase vzorcev je neposredna metoda za merjenje primarne produkcije vodnega telesa (Allan in Castillo, 2007). Največjo količino suhe mase smo izmerili v poletnem vzorcu, ko je bila razrast alg največja. V tem času je bila največja tudi nasičenost s kisikom, kar prav tako kaže na prisotnost velike količine primarnih producentov. Svetloba in hranila, skupaj s temperaturo vplivajo na povečanje biomase alg, medtem ko razne motnje (npr. povečana hitrost vodnega toka) ter herbivorija vodijo v izgubo biomase (Allan in Castillo, 2007). Najmanjšo suho maso smo izmerili v času spomladanskega vzorčenja ko je bila tudi najnižja nasičenost vode s kisikom. Najvišje vrednosti suhe mase

smo izmerili na mestu S3, saj je bila tam rast alg največja, najvrejetneje zaradi najpočasnejšega toka, stabilnega substrata, izmerili pa smo tudi najvišjo koncentracijo nitratov. Prav tako smo tukaj izmerili tudi visoke vrednosti nasičenosti vode s kisikom in najvišje vrednosti klorofila *a*. Najmanjše vrednosti suhe mase smo izmerili na mestu S2, čeprav je bila nasičenost vode s kisikom zelo visoka in približno enaka kot na mestu S3. Na mestu S2 je bila izmerjena tudi najmanjša količina klorofila *a*, prevladovali pa so majhni kamni, ki ne predstavljajo stabilnega substrata. Na manjšo suho maso na mestu S2 bi lahko vplivala tudi najvišja hitrost vodnega toka ter najvišje izmerjene vrednosti elektroprevodnosti, ki zmanjšajo biomaso alg.

Količina klorofila *a*

Pri ugotavljanju trofičnega stanja vodnega telesa najpogosteje merimo količino klorofila *a*. Na rast alg v vodnih telesih vplivajo predvsem prisotnost nutrientov (zlasti nitrati in fosfati), temperatura in svetloba (Urbanič in Toman, 2003). Najvišje vrednosti klorofila *a* smo izmerili v času poletnega vzorčenja na S3, ko smo izmerili tudi najvišjo suho maso vzorcev in večje količine nitrata, k višji vrednosti klorofila *a* pa so pripomogle tudi visoke temperature. Visoke vrednosti klorofila *a* smo izmerili tudi v času spomladanskega vzorčenja kar se ne ujema s količino suhe mase, ki je bila v tem času najmanjša. Ker je klorofil *a* najpogostejši pigment v zelenih rastlinah, lahko glede na njegovo količino sklepamo o biomasii perifitona (Allan in Castillo, 2007). Visoka vrednost klorofila *a* pomeni visoko biomaso perifitona. V spomladanskem vzorcu smo določili najvišjo koncentracijo nitratov. Najnižje vrednosti klorofila *a* smo izmerili v času zimskega vzorčenja, saj je bila primarna produkcija najmanjša zaradi nizkih temperatur in majhne količine hranil v vodi. Najmanj klorofila *a* smo določili na mestu S2 kar se ujema z najmanjšo določeno suho maso vzorcev in najnižjo izmerjeno vrednostjo nitratov v vodi.

Združba perifitonskih alg

Za rast in razvoj alg so pomembni naslednji dejavniki: svetloba, temperatura, narava substrata in hitrost vodnega toka, pH, bazičnost, trdota, hranilne snovi in druge raztopljene snovi, slanost, kisik, ogljikov dioksid itd. (Hynes, 1972), v primeru onesnaženja pa še različne strupene kemikalije. Vsi dejavniki so med seboj največkrat povezani (Vrhovšek in sod., 2006). V številčnosti perifitonskih vrst se pojavljajo sezonski vzorci zaradi sezonskih

sprememb okoljskih faktorjev. Kremenaste alge dominirajo v zimskem času in ostajajo glavna komponenta tudi v spomladanskem in zgodnjem poletnem času. V različnih sezonah prevladujejo različne vrste diatomej. Ostale skupine alg, še posebej zelene alge in cianobakterije, pa lahko postanejo številčnejše v poletnem času (Allan in Castillo, 2007). Številčnost in biomasa sta običajno največji v spomladanskem času čeprav se lahko velika biomasa pojavi tudi jeseni. Na značilno sezonsko pojavljanje pa vplivajo dejavniki, ki omejujejo razrast perifitonske združbe kot so herbivori, hranila in svetloba, ki se sezonsko spreminjajo (Rosemond in sod., 2000).

V vseh nabranih vzorcih smo določili 76 taksonov alg, od tega je bilo 50 taksonov kremenastih alg, 23 taksonov zelenih alg in 3 taksoni cianobakterij. Z več kot 70 % so prevladovale kremenaste alge (Bacillariophyta), majhen delež so predstavljale zelene alge (Chlorophyta) in cianobakterije (Cyanophyta), ostalih vrst alg pa v vzorcih nismo našli. Opazili smo značilen sezonski cikel pojavljanja alg, in sicer so kremenaste alge dominirale v vseh sezonah vzorčenja, v poletnih vzorcih ko so bile temperature vode najvišje (do 23 °C), pa se je povečal delež cianobakterij.

Združba kremenastih alg

Delež kremenastih alg v vseh vzorcih se skozi različne sezone ni bistveno spreminjal, se je pa spreminjala vrstna sestava. Največji delež kremenastih alg smo določili v času spomladanskega vzorčenja, kjer je bila na mestu S2 zastopanost kremenastih alg v vzorcu kar 89 %. Največja diverziteteta kremenastih alg je bila v poletnem vzorcu, saj je bilo največ taksonov (43) ravno v tem času. Na mestih S1 in S2 je bil najštevilčnejši *Achnanthes biasolettiana*, na mestu S3 pa *Navicula capitatoradiata*, saj so bile hidrološke razmere (počasen tok in stabilen substrat) na mestu S3 ugodne za njen razvoj. Velik delež sta na vseh mestih imeli še *Cymbella affinis* ter *Nitzschia fonticola*. Na mestu S3 sta imeli velik delež še vrsti *Amphora pediculus* ter *Cocconeis placentula*. V spomladanskem vzorcu smo določili 36 taksonov kremenastih alg. Najštevilčnejši je bil *Achnanthes biasolettiana*, velik delež pa so imele tudi *Nitzschia fonticola*, *Amphora pediculus*, *Gomphonema angustatum*, *Nitzschia dissipata* ter *Cymbella minuta*. V zimskem obdobju smo na vseh vzorčnih mestih določili 35 različnih taksonov. Večji delež so imele vrste *Achnanthes biasolettiana*, *Nitzschia fonticola* ter *Nitzschia dissipata*, na mestu S3 pa še *Diatoma*

vulgaris. Generalisti v diatomejski združbi kot sta *Diatoma vulgaris* in *Nitzschia dissipata* so pogosti v hranilno bogatih in organsko onesnaženih tekočih vodah (Vis in sod., 1998).

Združba vseh alg

Največje število taksonov smo ugotovili za poletni vzorec, ko smo na vseh vzorčnih mestih določili 57 taksonov. V zimskem vzorcu smo določili 44 taksonov in v spomladanskem 45 taksonov. Pri združbi vseh alg smo opazili značilen sezonski cikel. Povečal se je namreč delež cianobakterij v poletnem času, ko so bile temperature vode višje, vendar so še vedno prevladovale kremenaste alge. V zimskih in spomladanskih vzorcih so prav tako prevladovale kremenaste alge. Zelene alge v nobenem vzorčenju niso presegle deleža večjega od 1,0 %.

V poletnem vzorcu smo določili največ taksonov in izmerili največ klorofila *a* h kateremu sta najverjetneje prispevala nitasto razrasla rodova *Phormidium* in *Homeotrix*, ki sta bila prisotna z največjim deležem. Za cianobakterije je značilno, da so pri višjih temperaturah vode številčnejše od kremenastih alg (Stevenson in sod., 1996). *Phormidium* je toleranten na organsko onesnaženje in prevladuje v organsko onesnaženih vodah (Vis in sod., 1998). Od cianobakterij smo določili še *Pleurocapsa* sp. vendar na vsakem vzorčnem mestu z zelo nizkim deležem (0,2 %). Pri kremenastih algah so se z velikim deležem pojavljale vrste *Navicula capitatoradiata*, *Achnanthes biasolettiana* in *Cymbella affinis*. Zelene alge so imele le redke predstavnike, in sicer vrsti *Cosmarium undulatum* ter *Cladophora glomerata*, za katero je značilno, da raste samo v poletnem času, ko so temperature vode višje (Hynes, 1972). Samo ob poletnem vzorčenju pa so bile prisotne tudi nekatere planktonске vrste zelenih alg (npr. *Pediastrum boryanum*, *P. duplex* in *P. tetras*, *Scenedesmus acutus* in *S. abundans*, *Closterium ehrenbergii* in *C. moniliforme*). Največ planktonskih vrst smo ugotovili na vzorčnem mestu S3 kjer je nizka hitrost toka omogočila njihov obstoj.

V zimskem času se je diverziteteta zmanjšala najverjetneje zaradi nizkih temperatur in manj dostopne svetlobe. Največji delež je imel *Achnanthes biasolettiana*, velik delež pa sta imeli še vrsti *Homeotrix varians* ter *Phormidium autumnale*. Z velikim deležem so se pojavljale tudi *Diatoma vulgaris*, *Gomphonema olivaceum*, *Nitzschia fontiola* in *Nitzschia dissipata*. Za zimsko sezono so značilne alge iz rodov *Achnanthes*, *Gomphonema*, *Navicula* in

Diatoma. Zgodaj spomladi se jim pridružijo še *Hydrurus*, ki je lahko prisoten tudi celo zimo, *Ulothrix* in *Phormidium*. Za te taksone je značilno, da se pojavljajo, ko so temperature vode daljše ali krajše obdobje nizke. Taksona *Gomphonema* in *Diatoma* sta v kompeticiji – najprej se filamentozno razraste *Diatoma* nato pa jo nasledi *Gomphonema*, ki se razrašča preko nje, konec zime pa se *Gomphonema* začne umikati in se ponovno razraste *Diatoma* (Hynes, 1972). Zelene alge so bile zelo redke. Vsi deleži so bili manjši od 0,5 %. Nekaj je bilo osebkov iz rodu *Mougeotia*, katero smo opazili samo ob tem vzorčenju.

V spomladanskem vzorcu smo na vseh treh vzorčnih mestih določili najmanjšo diverziteteto, vendar je bila količina klorofila *a* enaka kot v poletnem. To je najverjetneje posledica največje količine izmerjenih nitratov v vodi in s tem je bila omogočena dominanca določenih vrst, predvsem kremenastih alg. Prevladujoče spomladanske vrste med kremenastimi algami so bile *Achnanthes biasolettiana*, *Nitzschia fontiola*, *Cymbella minuta* ter *Gomphonema angustatum*. Med cianobakterijami je prevladoval *Homeotrix varians*, z majhnim deležem pa tudi *Phormidium autumnale*. Med zelenimi algami je imela največji delež *Cladophora glomerata*, vendar le z nekaj celicami na posameznem vzorčnem mestu. Nekaj je bilo tudi celic iz rodu *Pleurococcus* ter *Ulothrix*, *Oedogonium* pa je bil samo na mestu S3.

Koren (2009) je določil najmanjše število taksonov kremenastih alg v poletnem vzorcu, mi pa smo v tej sezoni določili največje število taksonov. Ugotovili smo druge taksone kot Koren (2009), saj so v naših vzorcih v poletnem vzorcu med kremenastimi algami prevladovali *Achnanthes biasolettiana*, *Navicula capitatoradiata* in *Cymbella affinis*, pri Koren (2009) pa *Achnanthes minutissima*, *Navicula cryptotenella* in *Gomphonema parvulum*. Največjo diverziteteto zelenih alg je določil v poletnem vzorcu, kar je značilno za to skupino alg, ki za svoje uspevanje potrebuje ugodne (višje) temperature in svetlobne razmere (več svetlobe) (Hynes, 1972). Tudi v njegovih vzorcih so bile v poletnem času prisotne nekatere planktonске vrste zelenih alg, ki so bile najpogostejše na vzorčnem mestu Brstnik. Največjo diverziteteto kremenastih alg je določil v spomladanskem vzorcu, ki je bil podoben njegovemu jesenskemu vzorcu, mi pa v poletnem. V spomladanskem vzorcu je kot najpogostejše določil vrste: *Diatoma vulgare*, *Achnanthes lanceolata* in *A. minutissima*,

Navicula cryptotenella in *Gomphonema parvulum*. V našem spomladanskem vzorcu pa so prevladovali *Achnanthes biasolettiana*, *Nitzschia fonticola*, *Amphora pediculus* in *Gomphonema angustatum*. Določili smo torej različne taksone prevladujočih kremenastih alg. To je lahko posledica napačnega določanja ali pa drugačnih razmer v vodotoku.

Saprobni indeks

Vzorčno mesto S1 smo v vseh sezonah vzorčenja uvrstili v 1.-2. kakovostni razred, medtem ko je bilo mesto S2 v tem razredu le v času poletnega vzorčenja, v zimskem in spomladanskem obdobju pa smo ga uvrstili v 2. kakovostni razred. Vzorčno mesto S3 smo po vseh treh sezonah vzorčenja uvrstili v 2. kakovostni razred, kar pomeni zmerno stopnjo obremenjenosti. Za 2. kakovostni razred so značilne visoke koncentracije nutrientov (Urbanič in Toman, 2003) kar kažejo tudi naše meritve, saj smo na tem mestu izmerili največjo količino nitratov v vodi. Prav tako so značilne še vedno visoke koncentracije kisika in bogata obrast kamnov (Urbanič in Toman, 2003). Največjo vrednost saprobnega indeksa smo določili na mestu S2 za spomladanski vzorec. V tej sezoni smo na mestu S2 izmerili tudi največjo elektroprevodnost in največ TDS. Količina klorofila *a* je bila na tem mestu najmanjša, prav tako tudi suha masa. Izmerili smo najnižjo koncentracijo nitratov in opazili najmanj stabilen substrat. Na mestu S2 so bile prisotne določene vrste alg, ki so značilne za organsko obremenjene vodotoke. Glede na to, da je bila temperatura v tem času nizka, bi moral biti prisoten *Achnanthes biasolettiana* z večjim deležem, vendar smo ugotovili prisotnost drugih vrst alg, kot sta *Amphora* in *Gomphonema*, ki sta značilni za organsko bolj onesnažene vodotoke. Prisotna je bila tudi *Nitzschia*, ki je prav tako značilna za organsko obremenjene vode. Primerjali smo pogostost pojavljanja posameznih vrst alg nabranih na mestu S2 z algami nabranimi na mestu S3 in ugotovili, da so bile na mestu S3 prisotne predvsem *Achnanthes*, *Amphora pediculus* ter *Nitzschia fonticola*, ki so značilne za organsko neobremenjene vode. Koren (2009) je na podlagi kremenastih alg v 2. kakovostni razred uvrstil vse vzorce, le spomladanski vzorec na vzorčnem mestu Brstnik je uvrstil v 1.-2. kakovostni razred.

Na podlagi vseh alg smo najvišje vrednosti indeksa izračunali na mestu S2 za spomladanski vzorec ter na mestu S3 za zimski vzorec. Najmanjši indeks smo v vseh treh vzorčenjih izračunali za mesto S1, kar pomeni, da je bilo to mesto najmanj obremenjeno z

organskimi snovmi in spada v 1.-2. kakovostni razred. Med mesti S2 in S3 so si bile vrednosti indeksa zelo podobne. Mesto S2 smo v 1.-2. kakovostni razred uvrstili le na podlagi poletnih vzorcev. Glede na zimske in spomladanske vzorce smo mesto S2 uvrstili v 2. kakovostni razred, kar pomeni povečano organsko obremenitev v tem času. Mesto S3 smo v 2. kakovostni razred uvrstili le na podlagi zimskih vzorcev, na podlagi poletnih in spomladanskih pa v 1.-2. kakovostni razred, kar pomeni, da mesto S3 ni organsko obremenjeno. Koren (2009) je na podlagi vseh alg vsa tri vzorčna mesta v vseh sezonah vzorčenja uvrstil v 2. kakovostni razred.

Trofični indeks po Rottu (1999)

Eutrofikacija je obogatitev vode z nutrienti, predvsem dušikom in/ali fosforjem zaradi česar pride do povečane produktivnosti (rasti) alg in višjih rastlin. Najvišje vrednosti indeksa smo v vseh sezonah vzorčenja izračunali za vzorčno mesto S3, ki je dolvodno od CČN Celje. Za to mesto smo v zimskem in spomladanskem vzorcu izmerili najvišjo koncentracijo nitratov, najvišje vrednosti klorofila *a*, na mestu S3 pa smo opazili tudi največjo pokrovnost nitastih alg. Na mestu S2 se vrednost med posameznimi sezonami vzorčenja ni spreminjala. Na mestu S1 so se vrednosti med posameznimi sezonami vzorčenja najbolj spreminjale, saj smo izračunali najvišjo vrednost (2,4) za poletni vzorec, najnižjo (1,7) pa za spomladanski vzorec. Za spomladanske vzorce smo na vseh treh vzorčnih mestih izračunali najnižje vrednosti trofičnega indeksa. Ti podatki se ne ujemajo s podatki o nitratih, saj smo najvišje koncentracije nitratov izmerili ravno spomladi. Sklepali smo, da na nizke vrednosti trofičnega indeksa v spomladanskem času verjetno vpliva prisotnost drugih hranil, katerih koncentracij nismo merili. Koren (2009) je na vzorčnem mestu S3 dobil skoraj enake rezultate, saj so bile vrednosti za poletne in pozno jesenske oz. zimske vzorce enake, pri spomladanskih vzorcih pa navaja za 0,1 višje vrednosti od naših. Za vzorčno mesto Polule pa se rezultati precej razlikujejo, saj je Koren (2009) za to mesto izračunal najvišje vrednosti indeksa za vse sezone vzorčenja, ki so bile bistveno višje od vrednosti, ki smo jih izračunali mi.

Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks

Rezultati Shannon-Wienerjevega indeksa kažejo na visoko diverzitetno perifitonske združbe. Na vrednost indeksa sicer vpliva več dejavnikov zato ni nujno, da le-ta upada z

naraščajočo obremenjenostjo (Urbanič in Toman, 2003). Najnižjo vrednost indeksa (2,51) smo izračunali za spomladanski vzorec na mestu S1, kjer smo določili najmanjše število vrst. V tem času je močno prevladoval *Achnanthes*, saj je predstavljal kar 57 % delež vseh kremenastih alg. Diverziteteta zmanjšuje dominantnost posameznih vrst, čeprav ni večjega onesnaženja (Urbanič in Toman, 2003). Zaradi dominance taksona *Achnanthes* se je vrednost indeksa v spomladanskem vzorcu na mestu S1 močno znižala. Najvišjo vrednost (4,07) smo izračunali za zimski vzorec, nabran mestu S3, kjer so prevladovali *Achnanthes*, *Nitzschia* in *Amphora*, vendar s podobnim deležem. Ni bilo izrazite dominance ene same vrste, prav tako pa je imel na tem mestu pomembno vlogo substrat, ki je omogočal večjo diverziteteta mikrohabitata ter večjo stabilnost za razvoj perifitonske združbe. Na mestu S3 so bile vrednosti indeksa najvišje. Najnižje vrednosti indeksa smo izračunali za spomladanske vzorce, kar je verjetno posledica izrazite dominance taksona *Achnanthes*, ki je značilen za nizke temperature in je v tem času močno prevladoval na vseh vzorčnih mestih. Tudi Koren (2009) je za spomladanske vzorce izračunal najnižje vrednosti indeksa. Prav tako smo v spomladanskem času izmerili najvišje vrednosti elektroprevodnosti ter izračunali najvišjo vrednost saprobnega indeksa, kar kaže na povečano obremenjenost vodnega okolja na vzorčenem odseku Savinje v spomladanskem času. Diverziteteta se lahko povečuje z naraščajočo obremenjenostjo le do določene točke, ko začne upadati kljub temu, da obremenjenost voda še vedno narašča (Urbanič in Toman, 2003). Vrednosti diverzitetnega indeksa se med poletnimi in zimskimi vzorci ne razlikujejo veliko. Glede na vrednosti indeksa smo vzorčeni odsek Savinje uvrstili med neobremenjena vodna okolja. V teh dveh sezonah smo določili tudi večje število taksonov alg ter manjšo obremenjenost s hranili kot v spomladanskem času.

Klastrski analizi združb perifitonskih alg

Na vseh dendrogramih (slike 30, 31, 32 in 33) smo opazili, da so izstopali poletni vzorci, ki so si bili najbolj podobni ne glede na vzorčno mesto. V poletnem času smo namreč izmerili najnižjo elektroprevodnost, najmanj TDS, izrazito večjo nasičenost vode s kisikom ter najvišjo diverziteteta perifitonske združbe. Vrstna sestava je bila takrat na vseh vzorčnih mestih relativno podobna, saj so visoke temperature nad 23 °C stimulirale rast cianobakterij in zelenih alg, ki so bile v tem času prisotne v večjem številu., samo v tej

sezoni pa so bile prisotne planktonске zelene alge. Med posameznimi sezonami vzorčenja sta si bila najbolj podobna zimski in spomladanski vzorec, na kar je najverjetneje vplivala nižja temperatura. Klastrske analize na podlagi kremenastih alg in vseh alg narejene z uporabo vrednosti Bray-Curtisovega indeksa podobnosti so pokazale, da ima številčnost vrst pomembno vlogo pri ugotavljanju podobnosti med vzorci nabranimi na različnih vzorčnih mestih in sezonah vzorčenja. Dendrogram narejen na podlagi kremenastih alg z uporabo vrednosti Bray-Curtisovega indeksa (slika 30) kaže veliko podobnost med mesti S2_S in S3_Z (pomen oznak je prikazan v prilogi K), saj je imela vrsta *Achnanthes biasolettiana* na teh mestih najbolj podoben delež (19 % na S3_Z ter 18 % na S2_Z) in nismo opazili izrazite dominancе te vrste kot na preostalih vzorčnih mestih in sezonah vzorčenja. Na dendrogramu narejenemu na podlagi vseh alg z uporabo vrednosti Bray-Curtisovega indeksa (slika 32) smo opazili, da so si bili vzorci nabrani na mestu S1 v zimskem in spomladanskem vzorčenju zelo podobni, saj smo za te vzorce ugotovili največji delež vrste *Achnanthes biasolettiana* (31 % na S1_Z in 41 % na S1_S). Prav tako sta si bili med seboj zelo podobni mesti S2_Z in S2_S, saj sta imeli na teh mestih največji delež vrsti *Nitzschia dissipata* ter *Nitzschia fonticola*, za ti mesti pa smo ugotovili tudi najmanjši delež vrste *Homeotrix varians*.

S klastrsko analizo narejeno na osnovi združbe kremenastih alg in vseh alg z uporabo Sørensenovega indeksa podobnosti, kjer ne upoštevamo številčnosti taksona, smo ugotovili veliko podobnost med vzorci nabranimi v istih sezonah. Pri dendrogramu narejenemu na osnovi kremenastih alg so si bili med seboj poleg poletnih vzorcev podobni še zimski vzorci. Spomladanska vzorca nabrana na S2 in S3 sta si bila najbolj podobna, spomladanski vzorec nabran na S1 pa je bil bolj podoben zimskim vzorcem. Na mestih S2 in S3 je namreč v primerjavi z ostalimi mesti in sezonami vzorčenja, spomladi močno prevladovala vrsta *Amphora pediculus*. Pri dendrogramu narejenemu na osnovi vseh alg pa je lepo vidna podobnost med vzorci, ki so bili nabrani v isti sezoni vzorčenja.

Na podlagi dendrogramov, ki so bili narejeni na osnovi Sørensenovega indeksa smo potrdili našo hipotezo, da bo večja podobnost med vzorci, ki so bili nabrani ob različnih sezonah vzorčenja kot pa med vzorci nabranimi na različnih vzorčnih mestih. Iz teh podatkov lahko sklepamo, da je bil sezonski vpliv na perifitonsko združbo večji kot razlike

med posameznimi vzorčnimi mesti. Ko pa smo upoštevali relativno abundanco taksonov v celoti, je bil vpliv sezone viden le še v primeru poletnih vzorcev. Takšni rezultati so najverjetneje posledica različnih okoljskih in hidroloških dejavnikov na posameznem vzorčnem mestu ob različnih sezonah vzorčenja, ki določajo prisotnost vrst.

6 SKLEPI

Prva hipoteza: razlike v vrstni sestavi in diverziteti perifitonske združbe bodo večje med sezonami, kot pa med vzorčnimi mesti, zaradi degradiranosti okolja po celotni dolžini preučevanega odseka; DELNO POTRJENA

- Na podlagi dendrogramov, ki so bili narejeni na osnovi Sørensenovega indeksa, smo potrdili našo hipotezo, da bo večja podobnost med vzorci, ki so bili nabrani ob različnih sezonah vzorčenja kot pa med vzorci nabranimi na različnih vzorčnih mestih. Ko pa smo upoštevali relativno abundanco taksonov v celoti, je bil vpliv sezone viden le še v primeru poletnih vzorcev.
- Določili smo 76 taksonov alg, od tega 50 taksonov kremenastih alg, 23 taksonov zelenih alg in 3 taksone cianobakterij. V vseh sezonah so v vzorcih prevladovale kremenaste alge, v poletnih vzorcih pa smo opazili tudi velik delež cianobakterij.
- Vrednosti Shannon-Wienerjevega indeksa kažejo na razmeroma visoko diverzitetu perifitonske združbe. Indeks je bil najnižji v spomladanskih vzorcih, ko so prevladovale posamezne vrste, predvsem iz rodu *Achnanthes*.
- Perifitonska združba se je sezonsko spreminjala, prav tako pa tudi parametri, ki smo jih merili ob vsakem vzorčenju. Koncentracije nitratov so bile najvišje v spomladanskih vzorcih, najnižje pa v zimskih. V času spomladanskega vzorčenja smo izmerili tudi največje vrednosti TDS in elektroprevodnosti.

Druga hipoteza: stopnja obremenjenosti vodotoka na vzorčnih mestih S2 in S3 bo večja v primerjavi z vzorčnim mestom S1, zaradi njune neposredne lege dolvodno od mesta Celje, pritokov z industrializiranega območja ter iztoka iz CČN; POTRJENA.

- Na podlagi vrednosti saprobnega indeksa za diatomeje, smo vzorčno mesto S1 v vseh sezonah vzorčenja uvrstili v 1.-2. kakovostni razred, kar pomeni, da je bila stopnja organske obremenjenosti vodotoka majhna. Vzorčno mesto S2 smo v 1.-2. kakovostni razred uvrstili samo na podlagi poletnega vzorca, na podlagi zimskega in spomladanskega pa v 2. kakovostni razred, ki pomeni zmerno stopnjo obremenjenosti

vodotoka. Vzorčno mesto S3 smo na podlagi vseh vzorcev uvrstili v 2. kakovostni razred. Na podlagi izračunanih vrednosti saprobnega indeksa za vse alge, smo dobili enake rezultate, izjema je le mesto S3, ki na podlagi poletnih in spomladanskih vzorcev spada v 1.-2. kakovostni razred.

- Na podlagi vrednosti trofičnega indeksa za diatomeje, so bile najvišje vrednosti indeksa v vseh sezonah vzorčenja na mestu S3, ki leži za CČN Celje. Najnižje vrednosti indeksa smo določili v zimskem in spomladanskem vzorcu za vzorčno mesto S1.
- Največjo količino suhe mase smo izračunali za vzorce nabrane na mestu S3, kar sovпада z najvišjo izmerjeno koncentracijo klorofila *a* in ugodnimi pogoji za rast alg na tem mestu kot so: počasen tok, stabilen substrat in visoka koncentracija nitratov. Najmanjše vrednosti klorofila *a* in suhe mase smo izmerili na vzorčnem mestu S2, kjer so bili pogoji za rast alg najmanj ugodni (najvišja hitrost toka in elektroprevodnost, najmanj stabilen substrat).

7 POVZETEK

Spremljanje stanja vodnih organizmov ter ekosistemov je bistvenega pomena za oceno človeškega vpliva na vodno okolje in vrednotenje učinkovitosti upravljanja z vodami. Slabšanje kakovosti vode je posledica industrijskih, komunalnih in kmetijskih virov, ki proizvajajo širok spekter polutantov (Allan in Castillo, 2007). Ker so alge zelo dober pokazatelj sprememb v kakovosti vode, smo jih uporabili za določanje stanja izbranega odseka reke Savinje na območju Celja in njegove okolice.

Na približno 10 km dolgem odseku smo izbrali tri vzorčna mesta. Med mesecem septembrom 2011 in marcem 2012 smo izvedli tri vzorčenja, in sicer poletno, zimsko in spomladansko. Perifiton smo vzorčili po metodi pobiranja in strganja kamnov s skalpelom in ščetko. Ob vsakem vzorčenju smo spremljali tudi hidrološke, kemijske in fizikalne parametre. V vseh vzorcih so prevladovali kremenaste alge, po deležu pa so jim sledile zelene alge in cianobakterije.

Naši rezultati so pokazali, da se je perifitonska združba spreminjala sezonsko ter med vzorčnimi mesti, hkrati pa so se spreminjali tudi abiotski dejavniki. S Shannon-Wienerjevim indeksom smo ocenili diverziteteta perifitonske združbe, s saprobnim indeksom organsko obremenjenost vodnega okolja, s trofičnim indeksom po Rottu (1999) pa smo spremljali obremenjenost s hranili. Glede na vrednosti saprobnega indeksa smo vzorčna mesta uvrstili v kakovostne razrede. Ugotovili smo, da je izbran odsek reke Savinje malo ali zmerno organsko obremenjen. Na podlagi vrednosti trofičnega indeksa smo ugotovili, da je s hranili najbolj obremenjeno vzorčno mesto S3. Klastrska analiza, ki smo jo naredili na podlagi Bray-Curtisovega indeksa podobnosti, kjer upoštevamo številčnost vrst, je pokazala, da so si bolj podobni vzorci z različnih vzorčnih mest, kar pomeni, da opazovani odsek na reki Savinji ni v celoti tako degradiran kot smo pričakovali in da poleg sezonskih sprememb v strukturi perifitonske združbe pride tudi do sprememb med vzorčnimi mesti. S klastersko analizo narejeno na podlagi Sørensenovega indeksa podobnosti, kjer upoštevamo samo prisotnost vrst, številčnosti pa ne, smo potrdili našo hipotezo, da bodo razlike v vrstni sestavi in diverziteti perifitonske združbe večje med sezonami kot pa med posameznimi vzorčnimi mesti. Rezultati naše raziskave so bili zelo

podobni rezultatom, ki jih je dobil Koren (2009), le na podlagi trofičnega indeksa smo ugotovili, da se je stanje obremenjenosti s hranili na mestu Polule izboljšalo. Iz dobljenih rezultatov sklepamo, da na perifitonsko združbo na izbranem odseku na reki Savinji med naseljem Petriček in mestom Laško, mesto Celje nima velikega vpliva in da odsek ni bil tako onesnažen kot smo pričakovali.

8 LITERATURA

- Ács E., Szabó K., Tóth B., Kiss K.T. 2004. Investigation of benthic algal communities, especially diatoms of some Hungarian streams in connection with reference conditions of the water framework directives. *Acta Botanica Hungarica*, 46: 255-277
- Allan J.D., Castillo M.M. 2007. Stream ecology Structure and function of running waters. 2nd edition. Dordrecht, Springer: 436 str.
- Antoine S.E., Benson-Evans K. 1985. Colonisation rates of benthic algae on four different rock substrata in the River Ithon, Mid Wales. U.K. *Limnologica*, 16: 307-313
- Azim M.E., Beveridge M.C.M., Van Dam A.A., Verdegem M.C.J. 2005. Periphyton and aquatic production: an introduction. *Periphyton Ecology*: 1-13
- Badovina B., Kladnik D., Volfand J. 1997. Savinjsko, Celje, Velenje: A-Ž: priročnik za popotnika in poslovnega človeka. Murska Sobota, Pomurska založba: 312 str.
- Bergey E.A., Weaver J.E. 2004. The influence of crevice size on the protection of epilithic algae from grazers. *Freshwater Biology*, 49: 1014-1025
- Bergey E.A. 2008. Does rock chemistry affect periphyton accrual in streams? *Hydrobiologia*, 614: 141-150
- Bernot J.R., Lamberti G.A. 2007. Indirect effect of a parasite on a benthic community: an experiment with trematodes, snails, and periphyton. *Freshwater Biology*, 53: 322-329
- Biggs B.J.F., Kilroy C. 2000. Stream Periphyton Monitoring Manual. Christchurch, The New Zealand Ministry for the Environment: 226 str.
- Blinn D.W., Fredericksen A., Korte V. 1980. Colonisation rates and community structure of diatoms on three different rock substrata in a benthic system. *British Phycological Journal*, 15: 303-310
- Blum J.L. 1960. Algal populations in flowing waters. *Field Biology*., 2: 11-21
- Burkholder J.M.: 1996. Interactions of benthic algae with their substrata. *Algal Ecology*. San Diego, Academic Press: 253-297
- Cvitanič I., Dobnikar Tehovnik M., Gacin M., Jesenovec B., Kozak-Legiša Š., Krajnc M., Kuhar U., Mihorko P., Poje M., Remec-Rekar Š., Rotar B., Sever M., Sodja E., Andjelov M., Mikulič Z., Pavlič U., Savič V., Souvent P., Trišič N., Uhan J. 2011. Program monitoringa stanja voda za obdobje 2010-2015. Ljubljana, Agencija RS za okolje: 112 str.
- Čistilna naprava Celje. 2010.
<http://www.vo-ka-celje.si/dejavnosti/ciscenje-odpadnih-vod/cistilne-naprave/cn-celje>. (24. maj 2012)
- Dobnikar Tehovnik M. (ur.) 2008. Kakovost voda v Sloveniji. Ljubljana, Agencija RS za okolje: 72 str.

- Douglas B. 1985. The ecology of the attached diatoms and other algae in a stony stream. *Ecol.*, 46: 295-322
- Frančišković-Bilinski S., Bilinski H., Tibljaš D., Hanžel D. 2006. Sediments from Savinja, Voglajna and Hudinja Rivers (Slovenia), reflecting anomalia in an old metalurgic area. *Fresenius Environ Bull.*, 15: 220-228
- Giller P.S., Malmqvist B. 1998. *The Biology of Streams and Rivers: biology of habitats.* Oxford, New York, Toronto, Oxford University Press: 296 str.
- Graham L.E., Wilcox L.W. 2009. *Algae.* San Francisco, Pearson Education: 616 str.
- Grile V. 2010. Odpadki in stara okoljska bremena na področju Mestne občine Celje. V: Onensaženost okolja in naravni viri kot omejitveni dejavnik razvoja v Sloveniji – modelni pristop za degradirana območja, Zbornik 1. konference. Ribarič Lasnik C.(ur.), Lakota M. (ur). Celje, Inštitut za okolje in prostor: 71 str.
- Hill B.H., Stevenson R.J., Pan Y.D., Herlihy A.T., Kaufmann P.R., Johnson C.B. 2001. Comparison of correlations between environmental characteristics and stream diatom assemblages characterized at genus and species levels. *Journal of North American Benthological Society*, 20: 299-310
- Hynes H.B.N. 1972. *The Ecology of Running Waters.* Liverpool, Liverpool University Press: 555 str.
- Jogan N. 2001. Navodila za vaje iz sistematske botanike. 3.izdaja delovne verzije. Ljubljana, [N. Jogan]: 105 str.
- Kingston J.C., Lowe R.L., Stoerner E.F., Ludewski T. 1983. Spatial and temporal distribution of benthic diatoms in northern Lake Michigan. *Ecology*, 64:1566-1580
- Klotzl R.L., Cain J.R., Trainor F.R. 1976. Algal competition in an epilithic flora. *Journal of Phycology*, 12: 363-368
- Koren A. 2009. Vpliv izpusta Centralne čistilne naprave Celje na združbo obrasti reke Savinje: diplomsko delo. Ljubljana, BF, Oddelek za biologijo: 73 str.
- Kosi G., Šiško M., Bricelj M., Urbanič G., Grbovič J., Rotar B., Stanič K. 2006. Prilagoditev saprobnega indeksa zahtevam vodne direktive (Direktiva 2000/60/ES) za vrednotenje ekološkega stanja rek v Sloveniji na podlagi fitobentosa: 21 str.
- Kramer K., Lange-Bertalot H. 1986. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bacillariophyceae, 1. Teil, Band 2/1. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag: 876 str.
- Kramer K., Lange-Bertalot H., 1988. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bacillariophyceae, 2. Teil, Band 2/2. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag: 596 str.
- Kramer K., Lange-Bertalot H., 1991. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bacillariophyceae, 3. Teil, Band 2/3. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag: 598 str.
- Kramer K., Lange-Bertalot H., 1991. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bacillariophyceae, 4. Teil, Band 2/4. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag: 437 str.

- Lancaster J., Hildrew A.G. 1993. Characterizing in-stream flow refugia. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 50: 1663-1675
- Lowé R.L. 1974. Environmental Requirements and Pollution tolerance of Freshwater Diatoms. Washington, USEPA, Environmental Protection Agency: EPA – 670/4 – 74 – 005: 175 str.
- Morales E.A., Siver P.A., Trainor F.R. 2001. Identification of diatoms (Bacillariophyceae) during ecological assessments; comparison between light microscopy and scanning electron microscopy techniques. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 151: 95-103
- Nose M. 2001. Razvoj združbe kremenastih alg (Bacillariophyta) na umetnih substratih v potoku. Diplomsko delo. Ljubljana, BF, Oddelek za biologijo:4-9 str.
- Osborne L.L., Willey M.J. 1988. Empirical relationships between land-use/cover and stream water quality in agricultural watershed. *Journal of Environmental Management*, 26: 9-27
- Perko D., Orožen Adamič M. 1998. Slovenija – pokrajina in ljudje. Ljubljana, Mladinska knjiga:735 str.
- Resende P.C., Resende P., Pardal M., Almeida S., Azeiteiro U. 2010. Use of biological indicators to assess water quality of the UI River (Portugal). *Environmental Monitoring Assessment*, 170: 535-544
- Reynolds C.S. 1995. Algae. V: *The Rivers Handbook Hydrological and Ecological Principles*, vol. 1. Oxford, Blackwell Scientific Publications: 195-215
- Rimet F. 2012. Recent views on river pollution and diatoms. *Hydrobiologia*, 683: 1-24
- Rolland T., Fayolle S., Cazaubon A., Pagnetti S. 1997. Methodical approach to distribution of epilithic and drifting algal communities in a French subalpine river: Influences on water quality assessment. *Aquatic Sciences*, 59: 57-73
- Rosemond A.D., Mulholland P.J., Brawley S.H. 2000. Seasonally shifting limitation of stream periphyton: response of algal populations and assemblage biomass and productivity to variation in light, nutrients, and herbivores. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 57: 66-75
- Rott E., Pipp E., Pfister P., Van Dahm H., Ortler K., Binder N., Pall K. 1999. Indikationslisten für Aufwuchsalgen in Österreichischen Fließgewässern, Teil 2: Trophienindikation sowie geochemische Präferenz, taxonomische und toxicologische Anmerkungen. Wien, Bundesministerium für Land und Forstwirtschaft (Österreich): 248 str.
- Round F.E. 1964. The ecology of benthic algae. *Algae and Man*: 138-184
- Schaumburg J., Schmedtje U., Schranz C., Köpf B., Schneider S., Stelzer D., Hofmann G., Gutowski A., 2006. Instruction Protocol for the ecological Assessment of Running

- Waters for Implementation of the EC Water Framework Directive: Macrophytes and Phytobenthos. Bavarian Water Management Agency: 44 str.
- Schneck F., Sanches Melo A. 2012. Hydrological disturbance overrides the effect of substratum roughness on the resistance and resilience of stream benthic algae. *Freshwater Biology*, 57: 1678-1688
- Smith V.M., Tilman G.D., Nekola J.C. 1999. Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution*, 100: 178-196
- Smolar N. 1992. Perifiton kot indikator onesnaženosti reke Meže: dipl.delo. Ljubljana, BF, Oddelek za biologijo: 83 str.
- Smolar N. 1997. Ocena vpliva odvzema vode iz različnih tipov vodotokov na perifiton v času visokih pretokov: mag.delo. Ljubljana, BF, Oddelek za biologijo: 120 str.
- Smolar-Žvanut N. 2001. Vloga perifitonskih alg pri določanju ekološko sprejemljivega pretoka vode v tekočih vodah. *Acta hydrotechnica*, 19: 65-89
- Soininen J., Könönen K. 2004. Comparative study of monitoring South-Finnish rivers and streams using macroinvertebrates and benthic diatom community structure. *Aquatic Ecology*, 38: 63-75
- Soininen J. 2007. Environmental and spatial control of freshwater diatoms – a review. *Diatom research*, 22, 2: 473-490
- Solak C.N., Ács É. 2011. Water Quality Monitoring in European and Turkish Rivers Using Diatoms. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11: 329-337
- Steinman A.D., McIntire C.D. 1987. Effects of irradiance on the community structure and biomass of algal assemblages in laboratory streams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 44: 1640-1648
- Stevenson R.J. 1996. An introduction to Algal Ecology in Freshwater Benthic Habitats. V: *Algal Ecology of Freshwater Benthic Ecosystems*. Stevenson R.J., Bothwell M.L., Lowe R.L. San Diego, California, Academic Press: 753 str.
- Stoermer E.F., Smol J.P. 1999. *The diatoms: Application for the environmental and earth sciences*. Cambridge, Cambridge University Press: 484 str.
- Tarman K. 1992. Osnove ekologije in ekologije živali. Ljubljana, DZS: 547 str.
- Toman M.J. 2009/10a. Zapiski predavanj iz predmeta Limnologija. (neobjavljeno)
- Toman M.J. 2009/10b. Zapiski predavanj iz predmeta Interakcije organizmov. (neobjavljeno)
- Toman T. 2007. Ocena ekološkega stanja reke Savinje po izgradnji Centralne čistilne naprave Celje – Tremerje. Diplomsko delo. Ljubljana, BF, Oddelek za biologijo: 75 str.

- Úveges V., Padisak J. 2011. Photosynthetic activity of epilithic algal communities in sections of the Torna stream (Hungary) with natural and modified riparian shading. *Hydrobiologia*, 679: 267-281
- Uhan J., Dobnikar Tehovnik M., Pavlič U. 2010. Vode v Sloveniji: Ocena stanja voda za obdobje 2006-2008 po določilih okvirne direktive o vodah. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje: 61 str.
- Urbanič G. 2011. Ecological status assessment of the rivers in Slovenia – an overview. Ljubljana, Institute for Water of the Republic Slovenia.
- Urbanič G., Toman M.J. 2003. Varstvo celinskih voda. Ljubljana, Scripta: 92 str. (neobjavljeno)
- Vis C., Hudon C., Cattaneo A., Pinel-Alloul B. 1998. Periphyton as an indicator of water quality in the St. Lawrence River (Quebec, Canada). *Environmental pollution*, 101: 13-24
- Voda. 2001. Agencija republike Slovenije za okolje. 2012. <http://www.arso.gov.si/vode/podatki/> (september 2011 – marec 2012)
- Voglar D. 1996. Enciklopedija Slovenije. 10. zvezek. Ljubljana, Mladinska knjiga: 411 str.
- Vrhovšek D. 1985. Sladkovodne alge: ali jih poznamo? Ljubljana, DZS: 117 str.
- Vrhovšek D., Kosi G., Krivograd Klemenčič A., Smolar-Žvanut N. 2006. Monografija sladkovodnih in kopenskih alg v Sloveniji. Ljubljana, založba ZRC: 172 str.
- Welch E.B., Jacoby J.M., May C.W. 1998. Stream quality. In: Naima R.J. and Bilby R.E. (eds.). *River Ecology and Management: Lessons from the Pacific Coastal Ecoregion*. New York, Springer: 69-94
- Wetzel R.G. 2001. *Limnology: Lake and River Ecosystems*. 3rd edition. San Diego, Academic press: 1006 str.
- Yamada H., Nakamura F. 2002. Effect of fine sediment deposition and channel works on periphyton biomass in the Makomanai river, Northern Japan. *River Res. Appl.*, 18: 481-493
- Žibret G. 2002. Masna bilanca težkih kovin na območju Celja. *Geologija*: 613-618

ZAHVALA

Najlepše se zahvaljujem somentorju doc. dr. Igorju Zelniku za vso pomoč pri vzorčenju in pisanju diplomske naloge. Zahvaljujem se tudi prof. dr. M. J. Tomanu za mentorstvo in strokovne nasvete ter dr. Gorazdu Kosiju za pomoč pri določevanju alg.

Za vso pomoč v laboratoriju se zahvaljujem Draganu Abramcu. Hvala tudi celotni katedri za ekologijo in varstvo okolja, da sem imela na razpolago mikroskop ter vse pripomočke v laboratoriju.

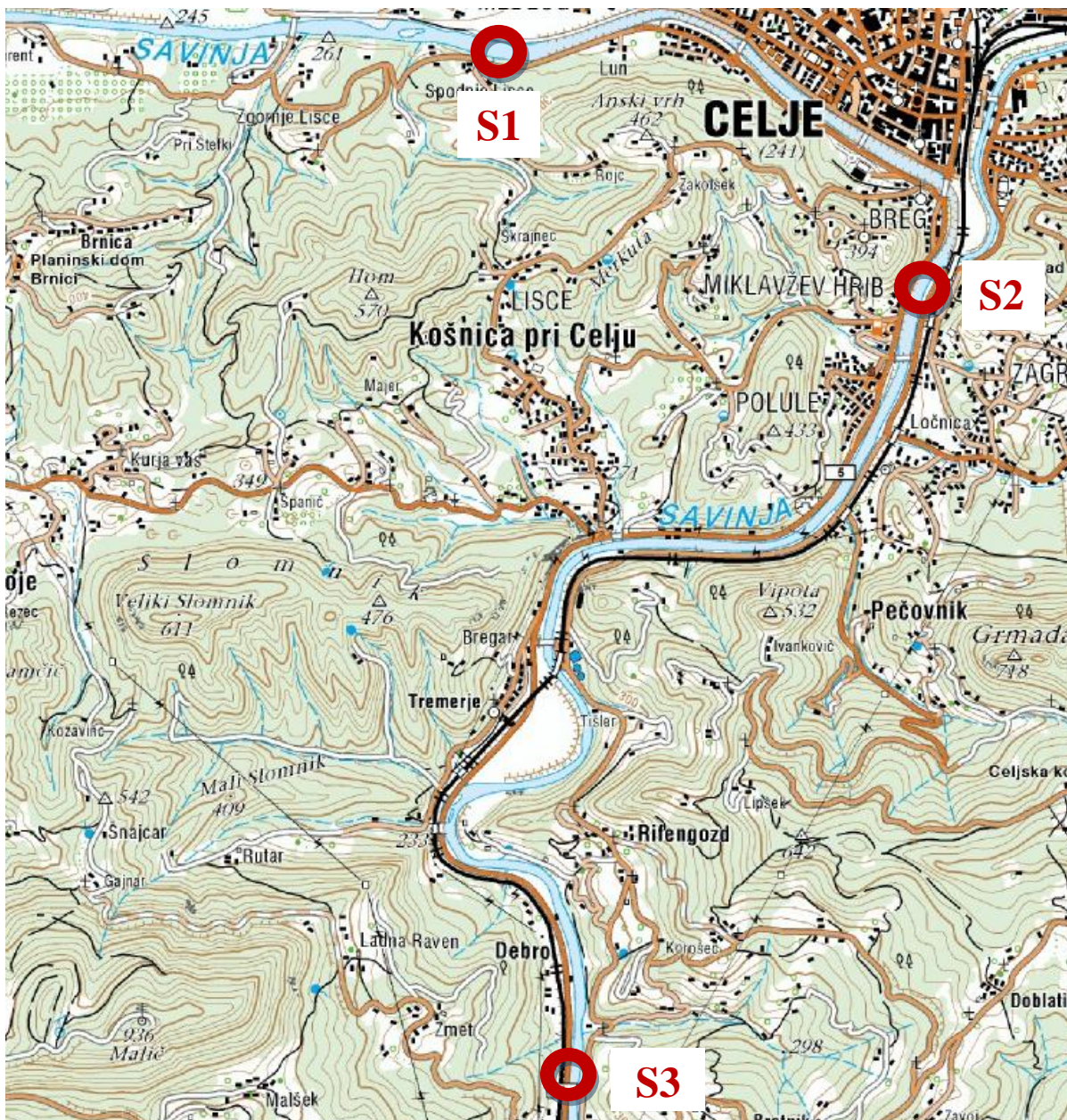
Hvala tudi dr. Gorazdu Urbaniču za kritičen in hiter pregled diplomskega dela ter predsednici komisije prof.dr. Alenki Gaberščik.

Najlepše se zahvaljujem tudi Lari Habič in Janu Palčniku, ki sta mi pomagala pri vzorčenju perifitona ter za vso podporo v času pisanja diplomske naloge. Hvala tudi mojim staršem, ki so mi omogočili študij ter vsem sošolcem in sošolkam, ki so mi polepšali dni v času študija na Biotehniški fakulteti. Predvsem hvala Lari Habič, Sari Rezec, Sanji Sekovanić, Bernardi Bele in Tei Romih za vso podporo in pomoč.

PRILOGE

Priloga A

Umestitev izbranega odseka na reki Savinji v geografsko karto z označenimi vzorčnimi mesti (Vir: http://www.geopedia.si/#T105_x519357_y120407.5_s15_b4).



Priloga B

Razvrstitev anorganskega substrata po velikosti delcev (A) in razdelitev organskih substratov (B) (po AQEM, 2002; vir Urbanič in Toman, 2003)

(A)

Kategorija	Opis	Premer delcev (cm)
Megalital	Skale, živa skala	> 40
Makrolital	Veliki kamni	20 – 40
Mezolital	Majhni kamni	6 -20
Mikrolital	Veliki prodniki	2 – 6
Akal	Majhni in srednji prodniki	0,2 – 2
Psamal	Pesek in blato	0,006 – 0,2
Argilal	Mulj, glina	<0,006

(B)

Kategorija	Opis
Alge	Nitaste alge, kosmi alg
Potopljeni makrofiti	Cvetnice, hare, mahovi
Emergentni makrofiti	Šaši, trst, rogoz, ježki itd.
Živi deli kopenskih rastlin	Majhne korenine, plavajoči deli obrežne vegetacije
Ksilal (les)	Debla, veje, odmrle korenine
Večji odmrli organski delci (CPOM)	Delci >1mm; npr. odpadlo listje, iglice
Manjši odmrli organski delci (FPOM)	Delci v velikosti od 0,45 µm do 1 mm
"Sewage fungus"	Heterotrofne saprofitske bakterije (<i>Sphaerotilus</i> , <i>Beggiatoa</i> , <i>Thiothrix</i>) in glive (<i>Leptomitus</i>)

Priloga C

Vrednosti saprobnega indeksa in pripadajoči kakovostni razredi (Vir: Urbanič in Toman, 2003)

Saprobnostna stopnja	Vrednosti SI	Kakovostni razred	Opis kakovosti vodotoka
oligosaprobnostna	1,0 - 1,5	1	neobremenjen do zelo malo obremenjen
Oligo do β - mezosaprobnostna	>1,5 - 1,8	1 - 2	majhna obremenjenost
β - mezosaprobnostna	>1,8 - 2,3	2	zmerna obremenjenost
β - α mezosaprobnostna	>2,3 - 2,7	2 - 3	Srednja (kritična) obremenjenost
α - mezosaprobnostna	>2,7 - 3,2	3	Srednja do močna obremenjenost
α - mezosaprobnostna do polisaprobnostna	>3,2 - 3,5	3 - 4	(zelo) močna obremenjenost
polisaprobnostna	>3,5 - 4,0	4	(kritična) zelo močna obremenjenost

Priloga D

Določitev stopnje trofije vodnega telesa na podlagi izračunanega trofičnega indeksa po Rottu (1999) (Vir: Rott in sod., 1999).

Vrednost TI	Stopnja trofije
$\leq 1,0$	Ultraoligotrfno
1,1 – 1,3	Oligotrofno
1,4 – 1,5	Oligo-mezotrofno
1,6 - 1,8	Mezotrofno
1,9 – 2,2	Mezo-evtrofno
2,3 – 2,6	Evtrofno
2,7 – 3,1	Ev-politrofno
3,2 – 3,4	Politrofno
$> 3,5$	Poli-hipertrofno

Priloga E

Kakovost vodnega okolja v odvisnosti od vrednosti Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa (Vir: Urbanič in Toman, 2003)

Vrednost diverzitetnega indeksa H'	Kakovost vode
>3	neobremenjena
2-3	malo obremenjena
1 - 2	srednje obremenjena
1	močno obremenjena

Priloga F

Deleži anorganskega (A) in organskega substrata (B, C, D) na posameznih vzorčnih mestih ob različnih datumih vzorčenja

(A)

Anorganski substrat: premer delcev[cm]		VZORČNO MESTO		
		S1	S2	S3
Argilal [%]	< 0,006	-	5 %	-
Psamal [%]	0,006 – 0,2	-	10 %	-
Akal [%]	0,2 – 2	-	-	-
Mikrolital [%]	2 – 6	40 %	60 %	20 %
Mezolital [%]	6 – 20	50 %	20 %	20 %
Makrolital [%]	20 – 40	5 %	5 %	20 %
Megalital [%]	> 40	5 %	-	40 %

(B)

DATUM VZORČENJA: 6. 9. 2011	VZORČNO MESTO		
	S1	S2	S3
alge	80 %	70 %	80 %
potopljeni makrofiti	-	-	5 %
emergentni makrofiti	-	-	-
živi deli kopenskih rastlin	-	-	-
ksilal (les)	+	5 %	5 %
večji odmrli organski delci (CPOM)	-	-	-
manjši odmrli organski delci (FPOM)	5 %	5 %	5 %

(C)

DATUM VZORČENJA: 8. 12. 2011	VZORČNO MESTO		
	S1	S2	S3
alge	70 %	80 %	90 %
potopljeni makrofiti	-	-	-
emergentni makrofiti	-	-	-
živi deli kopenskih rastlin	-	-	-
ksilal (les)	-	+	-
večji odmrli organski delci (CPOM)	-	5 %	8 %
manjši odmrli organski delci (FPOM)	5 %	5 %	5 %

(D)

DATUM VZORČENJA: 29. 3. 2012	VZORČNO MESTO		
	S1	S2	S3
alge	50 %	10 %	55 %
potopljeni makrofiti	-	-	5 %
emergentni makrofiti	-	-	-
živi deli kopenskih rastlin	-	-	-
ksilal (les)	-	5 %	5 %
večji odmrli organski delci (CPOM)	-	-	-
manjši odmrli organski delci (FPOM)	5 %	70 %	40 %

Priloga G

Delež vrst (%) iz posamezne skupine alg ob različnih datumih vzorčenja na različnih vzorčnih mestih.

Datum vzorčenja: 6. 9. 2011	S1	S2	S3
BACILLARIOPHYTA [%]	75	80	77
CYANOPHYTA [%]	8	7	6
CHLOROPHYTA [%]	18	13	17

Datum vzorčenja: 8. 12. 2011	S1	S2	S3
BACILLARIOPHYTA [%]	77	82	87
CYANOPHYTA [%]	5	5	5
CHLOROPHYTA [%]	18	13	8

Datum vzorčenja: 29. 3. 2012	S1	S2	S3
BACILLARIOPHYTA [%]	81	89	79
CYANOPHYTA [%]	8	6	8
CHLOROPHYTA [%]	11	6	13

Priloga H

Delež vrst (%) kremenastih alg na posameznih vzorčnih mestih ob različnih datumih vzorčenja.

Vzorčno mesto S1:

	6. 9. 2011	8. 12. 2011	29. 3. 2012
<i>Achnanthes biasolettiana</i> Grunow	25,6	45,55	57,35
<i>Achnanthes lanceolata</i> (Brébisson) Grunow	0,2	0	0,2
<i>Achnantes minutissima</i> Kützing	0	0,35	0
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	0,9	0,4	5,15
<i>Amphora ovalis</i> Kützing	0,15	0	0
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	1,8	0,3	0,5
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	3,5	0,35	0,2
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	0	0	0
<i>Cymbella affinis</i> Kützing	11,05	3,7	0,4
<i>Cymbella lanceolata</i> (Ehrenberg) Kirchner	0	0	0
<i>Cymbella minuta</i> Hilse	0,95	1,6	4,05
<i>Cymbella sinuata</i> Gregory	0,55	0,25	1,5
<i>Cymbella silesiaca</i> Bleisch	2,6	0,85	4,4
<i>Cymbella tumida</i> Grunow	0	0	0
<i>Denticula kuetzingii</i> Grunow	0,15	0	0
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	1,45	2,3	1,5
<i>Fragillaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot	2,2	1,65	0,65
<i>Fragillaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot	0,3	1	0,05
<i>Fragillaria pinnata</i> Ehrenberg	0	0	0,1
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst	0,1	0,75	2,15
<i>Gomphonema angustum</i> Agardh	0	0,05	0
<i>Gomphonema augur</i> Ehrenberg	0	0	0
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg	0,4	0	0

Se nadaljuje

Nadaljevanje

<i>Gomphonema minutum</i> (Agardh) Agardh	0,8	0,9	0,05
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson	0,55	3,4	1,15
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	1,7	0,75	0
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg	0	0	0
<i>Gyrosigma attenuatum</i> (Kützing) Rabenhorst	0	0	0
<i>Melosira varians</i> Agardh	0,3	0,1	0
<i>Navicula atomus</i> (Kützing) Grunow	0	0	0,55
<i>Navicula bacillum</i> Ehrenberg	0	0	0
<i>Navicula capitata</i> Ehrenberg	0	0	0
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	17,4	0,05	0,05
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	0	1,1	0,15
<i>Navicula lanceolata</i> (Agardh) Ehrenberg	0	2,25	0,75
<i>Navicula menisculus</i> Schumann	8,3	0,65	0,75
<i>Navicula pupula</i> Kützing	0,05	0	0
<i>Navicula radiosa</i> Kützing	0	0	0
<i>Navicula reinhardtii</i> Grunow	0	3,1	1,05
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F. Müller) Bory	3,35	0,3	0,1
<i>Navicula veneta</i> Kützing	1,35	0,7	0,05
<i>Navicula viridula</i> var. <i>rostellata</i> (Kützing) Cleve	0	0	0
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W. Smith	0	0	0,05
<i>Nitzschia constricta</i> (Gregory) Grunow	0	0	0
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow	1,05	12,3	2,25
<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow	8,65	13,75	12,55
<i>Nitzschia heufleriana</i> Grunow	0	0	0
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	2,65	0,85	1,9
<i>Rhoicosphaenia abbreviata</i> (Agardh) Lange-Bertalot	1,9	0,4	0,3
<i>Surirella brebissonii</i> Kramer & Lange-Bertalot	0,05	0,3	0,1

Vzorčno mesto S2:

	6. 9. 2011	8. 12. 2011	29. 3. 2012
<i>Achnanthes biasolettiana</i> Grunow	39,9	29,0	17,75
<i>Achnanthes lanceolata</i> (Brébisson) Grunow	0,2	0,0	0,05
<i>Achnantes minutissima</i> Kützing	0,0	1,2	0,95
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	0,6	0,7	8,55
<i>Amphora ovalis</i> Kützing	0,0	0,0	0,00
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	0,7	0,3	0,25
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	3,0	0,1	0,10
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	0,8	0,1	0,00
<i>Cymbella affinis</i> Kützing	13,8	1,2	0,00
<i>Cymbella lanceolata</i> (Ehrenberg) Kirchner	0,1	0,0	0,00
<i>Cymbella minuta</i> Hilse	0,4	2,5	5,50
<i>Cymbella sinuata</i> Gregory	1,3	1,9	3,80
<i>Cymbella silesiaca</i> Bleisch	1,1	0,6	3,00
<i>Cymbella tumida</i> Grunow	0,2	0,0	0,00
<i>Denticula kuetzingii</i> Grunow	0,1	0,0	0,00
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	2,6	2,4	1,20
<i>Fragillaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot	1,1	2,6	1,90
<i>Fragillaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot	0,8	0,9	0,60
<i>Fragillaria pinnata</i> Ehrenberg	0,0	0,0	0,00
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst	1,5	4,9	13,05
<i>Gomphonema angustum</i> Agardh	0,0	0,6	0,00
<i>Gomphonema augur</i> Ehrenberg	0,0	0,0	0,00
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg	0,2	0,0	0,00
<i>Gomphonema minutum</i> (Agardh) Agardh	0,5	2,3	0,75
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson	0,4	2,9	4,45
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	3,0	1,1	0,55
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg	0,0	0,0	0,00
<i>Gyrosigma attenuatum</i> (Kützing) Rabenhorst	0,0	0,0	0,00

Se nadaljuje

Nadaljevanje

<i>Melosira varians</i> Agardh	0,6	0,2	0,35
<i>Navicula atomus</i> (Kützing) Grunow	0,0	0,0	2,25
<i>Navicula bacillum</i> Ehrenberg	0,1	0,0	0,00
<i>Navicula capitata</i> Ehrenberg	0,1	0,0	0,00
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	12,1	0,0	0,00
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	0,0	0,8	3,05
<i>Navicula lanceolata</i> (Agardh) Ehrenberg	0,5	3,6	3,05
<i>Navicula menisculus</i> Schumann	5,0	1,7	2,15
<i>Navicula pupula</i> Kützing	0,1	0,0	0,00
<i>Navicula radiosa</i> Kützing	0,0	0,0	0,25
<i>Navicula reinhardtii</i> Grunow	0,0	4,7	1,55
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F. Müller) Bory	0,9	0,1	0,00
<i>Navicula veneta</i> Kützing	1,0	0,6	0,05
<i>Navicula viridula</i> var. <i>rostellata</i> (Kützing) Cleve	0,3	0,0	0,00
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W. Smith	0,0	0,1	0,75
<i>Nitzschia constricta</i> (Gregory) Grunow	0,1	0,0	0,00
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow	0,6	18,7	7,20
<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow	3,9	10,7	14,20
<i>Nitzschia heufleriana</i> Grunow	0,1	0,0	0,10
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	1,9	0,5	0,45
<i>Rhoicosphaenia abbreviata</i> (Agardh) Lange-Bertalot	1,6	0,3	0,65
<i>Surirella brebissonii</i> Kramer & Lange-Bertalot	0,0	2,1	1,50

Vzorčno mesto S3:

	6. 9. 2011	8. 12. 2011	29. 3. 2012
<i>Achnanthes biasolettiana</i> Grunow	18,7	18,7	37,35
<i>Achnanthes lanceolata</i> Grunow	0,6	0,0	0
<i>Achnantes minutissima</i> Kützing	0,0	0,8	1,2
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	7,7	9,7	25,75
<i>Amphora ovalis</i> Kützing	0,3	0,1	0,15
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	1,6	1,5	1,15
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	5,9	0,9	0,7
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	1,5	0,2	0
<i>Cymbella affinis</i> Kützing	10,2	0,3	0
<i>Cymbella lanceolata</i> (Ehrenberg) Kirchner	0,0	0,0	0
<i>Cymbella minuta</i> Hilse	1,1	4,0	2,45
<i>Cymbella sinuata</i> Gregory	1,1	0,0	1,5
<i>Cymbella silesiaca</i> Bleisch	0,6	1,9	1,8
<i>Cymbella tumida</i> Grunow	0,0	0,0	0
<i>Denticula kuetzingii</i> Grunow	0,4	0,0	0
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	1,2	6,0	0,7
<i>Fragillaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot	1,1	2,0	0,15
<i>Fragillaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot	0,5	2,0	0,1
<i>Fragillaria pinnata</i> Ehrenberg	0,0	0,0	0
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst	0,5	0,0	1,7
<i>Gomphonema angustum</i> Agardh	0,0	0,3	0
<i>Gomphonema augur</i> Ehrenberg	0,1	0,0	0
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg	0,3	0,0	0
<i>Gomphonema minutum</i> (Agardh) Agardh	0,6	0,7	0
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson	1,0	4,3	1,45
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	2,4	0,3	0,05
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg	0,1	0,0	0
<i>Gyrosigma attenuatum</i> (Kützing) Rabenhorst	0,2	0,1	0

Se nadaljuje

Nadaljevanje

<i>Melosira varians</i> Agardh	0,8	1,8	0,05
<i>Navicula atomus</i> (Kützing) Grunow	0,0	0,0	1,7
<i>Navicula bacillum</i> Ehrenberg	0,0	0,0	0
<i>Navicula capitata</i> Ehrenberg	0,0	0,0	0
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	20,1	0,1	0
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	0,0	4,5	1,5
<i>Navicula lanceolata</i> (Agardh) Ehrenberg	0,1	4,6	1,95
<i>Navicula menisculus</i> Schumann	6,0	3,2	1,8
<i>Navicula pupula</i> Kützing	0,1	0,0	0
<i>Navicula radiosa</i> Kützing	0,0	0,0	0,2
<i>Navicula reinhardtii</i> Grunow	0,0	7,8	0,75
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F. Müller) Bory	2,2	0,6	0
<i>Navicula veneta</i> Kützing	1,2	0,1	0,65
<i>Navicula viridula</i> var. <i>rostellata</i> (Kützing) Cleve	0,1	0,0	0
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W. Smith	0,1	0,4	0,15
<i>Nitzschia constricta</i> (Gregory) Grunow	0,0	0,0	0
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow	1,1	6,5	2,05
<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow	5,9	10,4	9,3
<i>Nitzschia heufleriana</i> Grunow	0,0	0,1	0,15
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	3,2	0,5	0,4
<i>Rhoicosphaenia abbreviata</i> (Agardh) Lange-Bertalot	2,2	2,5	2,9
<i>Surirella brebissonii</i> Kramer & Lange-Bertalot	0,2	4,1	0,25

Priloga I

Delež vrst (%) vseh alg na posameznih vzorčnih mestih ob različnih datumih vzorčenja.

Vzorčno mesto S1:

	6. 9. 2011	8. 12. 2011	29. 3. 2012
<i>Achnanthes biasolettiana</i> Grunow	17,16	31,07	41,03
<i>Achnanthes lanceolata</i> Grunow	0,13	0,00	0,14
<i>Achnantes minutissima</i> Kützing	0,00	0,24	0,00
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	0,60	0,27	3,68
<i>Amphora ovalis</i> Kützing	0,10	0,00	0,00
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	1,21	0,20	0,36
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	2,35	0,24	0,14
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	0,00	0,00	0,00
<i>Cymbella affinis</i> Kützing	7,41	2,52	0,29
<i>Cymbella lanceolata</i> (Ehrenberg) Kirchner	0,00	0,00	0,00
<i>Cymbella minuta</i> Hilse	0,64	1,09	2,90
<i>Cymbella sinuata</i> Gregory	0,37	0,17	1,07
<i>Cymbella silesiaca</i> Bleisch	1,74	0,58	3,15
<i>Cymbella tumida</i> Grunow	0,00	0,00	0,00
<i>Denticula kuetzingii</i> Grunow	0,10	0,00	0,00
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	0,97	1,57	1,07
<i>Fragillaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot	1,47	1,13	0,47
<i>Fragillaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot	0,20	0,68	0,07
<i>Fragillaria pinnata</i> Ehrenberg	0,00	0,00	0,04
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst	0,07	0,51	1,54
<i>Gomphonema angustum</i> Agardh	0,00	0,03	0,00
<i>Gomphonema augur</i> Ehrenberg	0,00	0,00	0,00
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg	0,27	0,00	0,00
<i>Gomphonema minutum</i> (Agardh) Agardh	0,54	0,61	0,04
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson	0,37	2,32	0,82

Se nadaljuje

Nadaljevanje

<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	1,14	0,51	0,00
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg	0,00	0,00	0,00
<i>Gyrosigma attentuatum</i> (Kützing) Rabenhorst	0,00	0,00	0,00
<i>Melosira varians</i> Agardh	0,20	0,07	0,00
<i>Navicula atomus</i> (Kützing) Grunow	0,00	0,00	0,39
<i>Navicula bacillum</i> Ehrenberg	0,00	0,00	0,00
<i>Navicula capitata</i> Ehrenberg	0,00	0,00	0,00
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	11,66	0,03	0,04
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	0,00	0,75	0,11
<i>Navicula lanceolata</i> (Adardh) Ehrenberg	0,00	1,53	0,54
<i>Navicula menisculus</i> Schumann	5,56	0,44	0,54
<i>Navicula pupula</i> Kützing	0,03	0,00	0,00
<i>Navicula radiosa</i> Kützing	0,00	0,00	0,00
<i>Navicula reinhardtii</i> Grunow	0,00	2,11	0,75
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F. Müller) Bory	2,25	0,20	0,07
<i>Navicula veneta</i> Kützing	0,90	0,48	0,04
<i>Navicula viridula</i> var. <i>rostellata</i> (Kützing) Cleve	0,00	0,00	0,00
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W. Smith	0,00	0,00	0,04
<i>Nitzschia constricta</i> (Gregory) Grunow	0,00	0,00	0,00
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow	0,70	8,39	1,61
<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow	5,80	9,38	8,98
<i>Nitzschia heufleriana</i> Grunow	0,00	0,00	0,00
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	1,78	0,58	1,36
<i>Rhoicosphaenia abbreviata</i> (Agardh) Lange-Bertalot	1,27	0,27	0,21
<i>Surirella brebissonii</i> Kramer & Lange-Bertalot	0,03	0,20	0,07
<i>Homeotrix varians</i> Geitler	24,13	20,22	27,25
<i>Phormidium autumnale</i> (Agardh) Gomont	8,31	10,42	0,14
<i>Pleurocapsa</i> sp. Thuret	0,21	0,00	0,06
<i>Cosmarium undulatum</i> Lundell	0,16	0,00	0,00

Se nadaljuje

Nadaljevanje

<i>Cosmarium granatum</i> Brébisson	0,03	0,00	0,00
<i>Cladophora glomerata</i> (L.) Kützing	0,03	0,11	0,11
<i>Closterium acerosum</i> (Schrank) Ehrenberg ex Ralfs	0,00	0,00	0,00
<i>Closterium ehrenbergii</i> Meneghini ex Ralfs	0,03	0,00	0,00
<i>Closterium moniliferum</i> (Bory) Ehrenberg ex Ralf	0,03	0,00	0,00
<i>Klebsormidium</i> sp. Silva, Mattox & Blackwell	0,00	0,00	0,00
<i>Microspora</i> sp. Thuret	0,00	0,38	0,23
<i>Mougeotia</i> sp. Agardh	0,00	0,25	0,00
<i>Oedogonium</i> sp. Link	0,00	0,00	0,00
<i>Pediastrum angulosum</i> (Ehrenberg) Meneghini	0,00	0,00	0,00
<i>Pediastrum boryanum</i> (Turpin) Meneghini	0,00	0,00	0,00
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	0,03	0,00	0,00
<i>Pediastrum tetras</i> (Ehrenberg) Ralfs	0,03	0,00	0,00
<i>Pleurococcus</i> sp. Meneghini	0,00	0,00	0,46
<i>Scenedesmus acutus</i> Meyen	0,00	0,00	0,00
<i>Scenedesmus abundans</i> (Kirchner) Chodat	0,00	0,00	0,00
<i>Scenedesmus alternans</i> Reinsch	0,00	0,00	0,00
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Brébisson	0,00	0,05	0,00
<i>Spirogyra</i> sp. Link	0,00	0,03	0,00
<i>Stigeoclonium tenue</i> Kützing	0,00	0,19	0,00
<i>Ulothrix</i> sp. Kützing	0,00	0,14	0,20
<i>Ulothrix zonata</i> Kützing	0,00	0,00	0,00

Vzorčno mesto S2:

	6. 9. 2011	8. 12. 2011	29. 3. 2012
<i>Achnanthes biasolettiana</i> Grunow	26,69	27,75	16,39
<i>Achnanthes lanceolata</i> Grunow	0,10	0,00	0,05
<i>Achnantes minutissima</i> Kützing	0,00	1,10	0,88
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	0,37	0,62	7,90
<i>Amphora ovalis</i> Kützing	0,00	0,00	0,00
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	0,47	0,24	0,23
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	1,97	0,05	0,09
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	0,54	0,05	0,00
<i>Cymbella affinis</i> Kützing	9,20	1,10	0,00
<i>Cymbella lanceolata</i> (Ehrenberg) Kirchner	0,03	0,00	0,00
<i>Cymbella minuta</i> Hilse	0,23	2,39	5,08
<i>Cymbella sinuata</i> Gregory	0,87	1,82	3,51
<i>Cymbella silesiaca</i> Bleisch	0,74	0,57	2,77
<i>Cymbella tumida</i> Grunow	0,10	0,00	0,00
<i>Denticula kuetzingii</i> Grunow	0,03	0,00	0,00
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	1,71	2,25	1,11
<i>Fragillaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot	0,74	2,49	1,75
<i>Fragillaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot	0,50	0,81	0,55
<i>Fragillaria pinnata</i> Ehrenberg	0,00	0,00	0,00
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst	0,97	4,64	12,05
<i>Gomphonema angustum</i> Agardh	0,00	0,57	0,00
<i>Gomphonema augur</i> Ehrenberg	0,00	0,00	0,00
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg	0,10	0,00	0,00
<i>Gomphonema minutum</i> (Agardh) Agardh	0,33	2,20	0,69
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson	0,27	2,77	4,11
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	2,01	1,00	0,51
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg	0,00	0,00	0,00

Se nadaljuje

Nadaljevanje

<i>Gyrosigma attentuatum</i> (Kützing) Rabenhorst	0,00	0,00	0,00
<i>Melosira varians</i> Agardh	0,37	0,14	0,32
<i>Navicula atomus</i> (Kützing) Grunow	0,00	0,00	2,08
<i>Navicula bacillum</i> Ehrenberg	0,03	0,00	0,00
<i>Navicula capitata</i> Ehrenberg	0,03	0,00	0,00
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	8,06	0,00	0,00
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	0,00	2,15	2,82
<i>Navicula lanceolata</i> (Adardh) Ehrenberg	0,33	3,44	2,82
<i>Navicula menisculus</i> Schumann	3,34	1,63	1,99
<i>Navicula pupula</i> Kützing	0,03	0,00	0,00
<i>Navicula radiosa</i> Kützing	0,00	0,00	0,23
<i>Navicula reinhardtii</i> Grunow	0,00	4,50	1,43
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F. Müller) Bory	0,57	0,05	0,00
<i>Navicula veneta</i> Kützing	0,64	0,53	0,05
<i>Navicula viridula</i> var. <i>rostellata</i> (Kützing) Cleve	0,17	0,00	0,00
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W. Smith	0,00	0,05	0,69
<i>Nitzschia constricta</i> (Gregory) Grunow	0,03	0,00	0,00
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow	0,37	17,84	6,65
<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow	2,61	10,24	13,11
<i>Nitzschia heufleriana</i> Grunow	0,03	0,00	0,09
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	1,27	0,43	0,42
<i>Rhoicosphaenia abbreviata</i> (Agardh) Lange-Bertalot	1,04	0,24	0,60
<i>Surirella brebissonii</i> Kramer & Lange-Bertalot	0,00	2,01	1,39
<i>Homeotrix varians</i> Geitler	31,57	2,60	6,35
<i>Phormidium autumnale</i> (Agardh) Gomont	1,20	0,11	0,37
<i>Pleurocapsa</i> sp. Thuret	0,03	0,00	0,00
<i>Cosmarium undulatum</i> Lundell	0,08	0,00	0,00
<i>Cosmarium granatum</i> Brébisson	0,00	0,00	0,00
<i>Cladophora glomerata</i> (L.) Kützing	0,11	0,00	0,00

Se nadaljuje

Nadaljevanje

<i>Closterium acerosum</i> (Schrank) Ehrenberg ex Ralfs	0,00	0,00	0,00
<i>Closterium ehrenbergii</i> Meneghini ex Ralfs	0,00	0,00	0,00
<i>Closterium moniliferum</i> (Bory) Ehrenberg ex Ralf	0,00	0,00	0,00
<i>Klebsormidium</i> sp. Silva, Mattox & Blackwell	0,00	0,00	0,00
<i>Microspora</i> sp. Thuret	0,00	0,15	0,00
<i>Mougeotia</i> sp. Agardh	0,00	0,84	0,00
<i>Oedogonium</i> sp. Link	0,00	0,00	0,00
<i>Pediastrum angulosum</i> (Ehrenberg) Meneghini	0,00	0,00	0,00
<i>Pediastrum boryanum</i> (Turpin) Meneghini	0,03	0,00	0,00
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	0,03	0,00	0,00
<i>Pediastrum tetras</i> (Ehrenberg) Ralfs	0,00	0,00	0,00
<i>Pleurococcus</i> sp. Meneghini	0,00	0,00	0,00
<i>Scenedesmus acutus</i> Meyen	0,00	0,00	0,00
<i>Scenedesmus abundans</i> (Kirchner) Chodat	0,03	0,00	0,00
<i>Scenedesmus alternans</i> Reinsch	0,00	0,00	0,00
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Brébisson	0,05	0,04	0,00
<i>Spirogyra</i> sp. Link	0,00	0,04	0,00
<i>Stigeoclonium tenue</i> Kützing	0,00	0,00	0,00
<i>Ulothrix</i> sp. Kützing	0,00	0,54	0,44
<i>Ulothrix zonata</i> Kützing	0,00	0,00	0,48

Vzorčno mesto S3:

	6. 9. 2011	8. 12. 2011	29. 3. 2012
<i>Achnanthes biasolettiana</i> Grunow	11,69	12,40	29,97
<i>Achnanthes lanceolata</i> Grunow	0,38	0,00	0,00
<i>Achnantes minutissima</i> Kützing	0,00	0,50	0,96
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	4,78	6,43	20,66
<i>Amphora ovalis</i> Kützing	0,19	0,03	0,12
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	1,00	0,96	0,92
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	3,69	0,56	0,56
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	0,94	0,10	0,00
<i>Cymbella affinis</i> Kützing	6,35	0,17	0,00
<i>Cymbella lanceolata</i> (Ehrenberg) Kirchner	0,00	0,00	0,00
<i>Cymbella minuta</i> Hilse	0,66	2,62	1,97
<i>Cymbella sinuata</i> Gregory	0,66	0,00	1,20
<i>Cymbella silesiaca</i> Bleisch	0,34	1,23	1,44
<i>Cymbella tumida</i> Grunow	0,00	0,00	0,00
<i>Denticula kuetzingii</i> Grunow	0,25	0,00	0,00
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	0,75	3,94	0,56
<i>Fragillaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot	0,66	1,33	0,12
<i>Fragillaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot	0,31	1,29	0,00
<i>Fragillaria pinnata</i> Ehrenberg	0,00	0,00	0,08
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst	0,31	0,00	1,36
<i>Gomphonema angustum</i> Agardh	0,00	0,17	0,00
<i>Gomphonema augur</i> Ehrenberg	0,03	0,00	0,00
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg	0,16	0,00	0,00
<i>Gomphonema minutum</i> (Agardh) Agardh	0,34	0,43	0,00
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson	0,59	2,85	1,16
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	1,47	0,20	0,04
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg	0,03	0,00	0,00
<i>Gyrosigma attentuatum</i> (Kützing) Rabenhorst	0,13	0,03	0,00

Se nadaljuje

Nadaljevanje

<i>Melosira varians</i> Agardh	0,47	1,19	0,04
<i>Navicula atomus</i> (Kützing) Grunow	0,00	0,00	1,36
<i>Navicula bacillum</i> Ehrenberg	0,00	0,00	0,00
<i>Navicula capitata</i> Ehrenberg	0,00	0,00	0,00
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	12,53	0,07	0,00
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	0,00	2,98	1,20
<i>Navicula lanceolata</i> (Agardh) Ehrenberg	0,03	3,02	1,56
<i>Navicula menisculus</i> Schumann	3,75	2,12	1,44
<i>Navicula pupula</i> Kützing	0,03	0,00	0,00
<i>Navicula radiosa</i> Kützing	0,00	0,00	0,16
<i>Navicula reinhardtii</i> Grunow	0,00	5,17	0,60
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F. Müller) Bory	1,38	0,36	0,00
<i>Navicula veneta</i> Kützing	0,75	0,03	0,52
<i>Navicula</i> var. <i>rostellata</i> (Kützing) Cleve	0,03	0,00	0,00
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W. Smith	0,06	0,23	0,12
<i>Nitzschia constricta</i> (Gregory) Grunow	0,00	0,00	0,00
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow	0,66	4,28	1,64
<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow	3,66	6,89	7,46
<i>Nitzschia heufleriana</i> Grunow	0,00	0,03	0,12
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	2,00	0,33	0,32
<i>Rhoicosphaenia abbreviata</i> (Agardh) Lange-Bertalot	1,34	1,66	2,33
<i>Surirella brebissonii</i> Kramer & Lange-Bertalot	0,13	2,68	0,20
<i>Homeotrix varians</i> Geitler	23,68	18,03	11,71
<i>Phormidium autumnale</i> (Agardh) Gomont	12,55	15,43	3,66
<i>Pleurocapsa</i> sp. Thuret	0,05	0,00	3,56
<i>Cosmarium undulatum</i> Lundell	0,60	0,00	0,00
<i>Cosmarium granatum</i> Brébisson	0,00	0,00	0,00
<i>Cladophora glomerata</i> (L.) Kützing	0,15	0,16	0,42
<i>Closterium acerosum</i> (Schrank) Ehrenberg ex Ralfs	0,00	0,00	0,00

Se nadaljuje

Nadaljevanje

<i>Closterium ehrenbergii</i> Meneghini ex Ralfs	0,13	0,00	0,00
<i>Closterium moniliferum</i> (Bory) Ehrenberg ex Ralf	0,03	0,00	0,00
<i>Klebsormidium</i> sp. Silva, Mattox & Blackwell	0,00	0,00	0,00
<i>Microspora</i> sp. Thuret	0,00	0,00	0,00
<i>Mougeotia</i> sp. Agardh	0,00	0,05	0,00
<i>Oedogonium</i> sp. Link	0,00	0,00	0,03
<i>Pediastrum angulosum</i> (Ehrenberg) Meneghini	0,00	0,00	0,00
<i>Pediastrum boryanum</i> (Turpin) Meneghini	0,03	0,00	0,00
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	0,00	0,00	0,00
<i>Pediastrum tetras</i> (Ehrenberg) Ralfs	0,00	0,00	0,00
<i>Pleurococcus</i> sp. Meneghini	0,00	0,00	0,19
<i>Scenedesmus acutus</i> Meyen	0,03	0,00	0,00
<i>Scenedesmus abundans</i> (Kirchner) Chodat	0,15	0,00	0,00
<i>Scenedesmus alternans</i> Reinsch	0,00	0,00	0,00
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Brébisson	0,10	0,00	0,00
<i>Spirogyra</i> sp. Link	0,00	0,00	0,00
<i>Stigeoclonium tenue</i> Kützing	0,00	0,00	0,00
<i>Ulothrix</i> sp. Kützing	0,00	0,03	0,13
<i>Ulothrix zonata</i> Kützing	0,00	0,00	0,06

Priloga J

Vrednosti saprobnega indeksa na posameznih vzorčnih mestih ob različnih datumih vzorčenja, izračunane na podlagi kremenastih alg (A) in vseh ugotovljenih alg (B). Ocena kakovosti voda za posamezna vzorčna mesta na podlagi vrednosti saprobnega indeksa izračunanega na podlagi kremenastih alg (C) in vseh alg(D).

(A) kremenaste alge	S1	S2	S3
6. 9. 2011	1,66	1,6	1,77
8. 12. 2011	1,73	1,82	1,88
29. 3. 2012	1,64	1,92	1,79

(B) vse alge	S1	S2	S3
6. 9. 2011	1,72	1,67	1,78
8. 12. 2011	1,74	1,82	1,87
29. 3. 2012	1,69	1,92	1,78

(C) kremenaste alge	S1	S2	S3
6. 9. 2011	1-2	1-2	2
8. 12. 2011	1-2	2	2
29. 3. 2012	1-2	2	2

(D) vse alge	S1	S2	S3
6. 9. 2011	1-2	1-2	1-2
8. 12. 2011	1-2	2	2
29. 3. 2012	1-2	2	1-2

Priloga K

Vrednosti trofičnega indeksa po Rottu (1999) na posameznih vzorčnih mestih ob različnih datumih vzorčenja, izračunane na podlagi kremenastih (A) alg ter pripadajoče stopnje trofije (B).

(A)

	S1	S2	S3
16. 9. 2011	2,4	2,1	2,5
8. 12. 2011	2	2,1	2,7
29. 3. 2012	1,7	2,1	2,2

(B)

	S1	S2	S3
16. 9. 2011	Evtrofna	Mezo-evtrofna	Evtrofna
8. 12. 2011	Mezo-evtrofna	Mezo-evtrofna	Ev-politrofna
29. 3. 2012	Mezotrofna	Mezo-evtrofna	Mezo-evtrofna

Priloga L

Vrednosti Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa izračunanega na podlagi kremenastih alg na posameznih vzorčnih mestih ob različnih datumih vzorčenja.

	S1	S2	S3
6. 9. 2011	3,6	3,3	3,9
8. 12. 2011	3,0	3,5	4,1
29. 3. 2012	2,5	3,9	3,0

Priloga M

Kode vzorčnih mest in oznak v dendrogramih narejenih na osnovi Bray-Curtisovega in Sørensenovega indeksa na slikah 30, 31, 32 in 33.

oznaka	koda
S1_P	S1 - 6. 9. 2011
S1_Z	S1 - 8. 12. 2011
S1_S	S1 - 29. 3. 2012
S2_P	S2 - 6. 9. 2011
S2_Z	S2 - 8. 12. 2011
S2_S	S2 - 29. 3. 2012
S3_P	S3 - 6. 9. 2011
S3_Z	S3 - 8. 12. 2011
S3_S	S3 - 29. 3. 2012