

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Aleksandra GOLOB (ARTIČEK)

MAKROFITI SLIVNIŠKEGA JEZERA

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

MACROPHYTES OF THE LAKE SLIVNIŠKO JEZERO

GRADUATION THESIS
University Studies

Ljubljana, 2011

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija biologije. Naloga je bila opravljena na Katedri za ekologijo in varstvo okolja Oddelka za biologijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Komisija za dodiplomski študij Oddelka za biologijo je potrdila temo in naslov diplomskega dela ter za mentorico imenovala prof. dr. Alenko Gaberščik.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: doc. dr. Martina BAČIČ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Mentor: prof. dr. Alenka GABERŠČIK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Recenzent: doc. dr. Mateja GERM
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Datum zagovora: 2. 2. 2011

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. 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.

Aleksandra Golob

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dd
DK	581.5:582.2/.3(497.4 Slivniško jezero)(043.2)=163.6
KG	makrofiti/Slivniško jezero/okoljska ocena/vrstna sestava
AV	GOLOB, Aleksandra
SA	GABERŠČIK, Alenka (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 111
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo
LI	2011
IN	MAKROFITI SLIVNIŠKEGA JEZERA
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	IX, 57 str., 5 pregl., 19 sl., 7 pril., 58 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	V nalogi smo ugotavljali vrstno zastopanost, razporeditev, pogostost in globino uspevanja makrofitov v litoralu ter ocenili nekatere značilnosti litorala in zaledja Slivniškega jezera. Poleti 2009 smo popisali makrofite v jezeru, izmerili globino uspevanja posameznih taksonov in določili njihovo pogostost. Na posameznih odsekih smo ocenili tudi izbrane okoljske parametre. Popisali smo 22 taksonov makrofitov: 9 emerznih, 9 submerznih in 4 natantne vrste makrofitov. Najpogostejše vrste so bile <i>Phragmites australis</i> , <i>Najas marina</i> , <i>Myriophyllum spicatum</i> in <i>Potamogeton nodosus</i> . Najgloblje je uspevala vrsta <i>Nymphaea alba</i> (povprečno do 2,4 m), do globine 1,9 m pa sta uspevali tudi vrsti <i>M. spicatum</i> in <i>N. marina</i> . CCA analiza je pokazala, da na razporeditev makrofitov statistično značilno vplivajo naslednji okoljski dejavniki: osončenost, naklon dna, tip sedimenta, naklon brega nad vodo, prisotnost makroalg, vegetacija obrežnega pasu, sklenjenost z lesnatimi ali močvirskimi rastlinami poraslega obrežnega pasu, izraba tal v zaledju in kalnost vode.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dd

DC 581.5:582.2/.3(497.4 Slivniško jezero)(043.2)=163.6

CX macrophytes/Slivniško lake/species composition/environmental assessment

AU GOLOB, Aleksandra

AA GABERŠČIK, Alenka (supervisor)

PP SI-1000 Ljubljana, Večna pot 111

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, department of Biology

PY 2011

TI MACROPHYTES OF THE LAKE SLIVNIŠKO JEZERO

DT Graduation Thesis (University studies)

NO IX, 57 p., 5 tab., 19 fig., 7 ann., 58 ref.

LA sl

AL sl/en

AB The aim of present research was to determine species composition and abundance as well as longitudinal and depth distribution of macrophytes in The lake Slivniško jezero and to survey selected environmental parameters of the littoral and catchment. In the growth season 2009 an inventory of macrophytes in the whole lake littoral was made, the minimum and maximum depth of taxa was measured and their abundance was estimated. We also estimated selected environmental parameters. We determined 22 macrophyte taxa, 9 emergent, 9 submerged and 4 natant macrophytes. The most frequent species were *Phragmites australis*, *Najas marina*, *Myriophyllum spicatum* and *Potamogeton nodosus*. The average maximum depth of colonisation was detected in *Nymphaea alba* (to 2.4 m), while species *M. spicatum* and *N. marina* thrived to depth of 1.9 m. CCA indicated that exposition, bottom slope, sediment type, slope of riparian zone, macroalgae abundance, type of riparian vegetation, completeness of riparian zone, land-use beyond the riparian zone and water turbidity, significantly influenced the distribution of macrophytes.

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija (KDI)	III
Key Words Documentation (KWD)	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VII
Kazalo slik	VIII
Kazalo prilog	IX
1 UVOD	1
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 JEZERSKI EKOSISTEM	3
2.1.1 Zadrževalniki	4
2.2 ZNAČILNOSTI MAKROFITOV	5
2.3 PRILAGODITVE MAKROFITOV NA RAZMERE V VODNEM OKOLJU	6
2.3.1 Morfološke in anatomske prilagoditve	6
2.3.2 Fiziološke prilagoditve	8
2.4 ZNAČILNOSTI VODNEGA OKOLJA, KI VPLIVAJO NA USPEVANJE MAKROFITOV	8
2.4.1 Svetloba	9
2.4.2 Temperatura	9
2.4.3 Gibanje vode	10
2.4.4 Globina vode	10
2.4.5 Sediment	10
2.4.6 Kemizem vode	11
2.5 POMEN MAKROFITOV V JEZERSKEM EKOSISTEMU	13
2.6 MAKROFITI IN KVALITETA VODA	15
3 MESTO RAZISKAVE	17
3.1 SPLOŠNE ZNAČILNOSTI SLIVNIŠKEGA JEZERA	17
3.1.1 Fizikalne in kemijske značilnosti Slivniškega jezera	18
3.1.2 Uravnavanje nivoja vodne gladine	20

3.2	GEOGRAFSKE ZNAČILNOSTI OBMOČJA	20
3.2.1	Kamnine	21
3.2.2	Vode	21
3.2.3	Podnebje	21
4	MATERIAL IN METODE	22
4.1	TERENSKO DELO	22
4.1.1	Popis makrofitov	22
4.1.2	Okoljska ocena Slivniškega jezera	23
4.2	OBDELAVA PODATKOV	23
4.2.1	Pojavljanje in pogostost makrofitov v jezeru	23
4.2.2	Habitatne značilnosti litorala Slivniškega jezera	26
4.2.3	Kanonična korespondenčna analiza – CCA	26
5	REZULTATI	28
5.1	POJAVLJANJE IN RAZPOREDITEV MAKROFITOV V LITORALU SLIVNIŠKEGA JEZERA	28
5.1.1	Vrstna sestava makrofitov	28
5.1.2	Prisotnost in pogostost makrofitov na posameznih odsekih	29
5.1.3	Povprečne globine uspevanja makrofitov	34
5.2	OKOLJSKA OCENA LITORALA IN ZALEDJA SLIVNIŠKEGA JEZERA	35
5.3	VPLIV OKOLJSKIH DEJAVNIKOV NA RAZPOREDITEV MAKROFITOV	41
6	RAZPRAVA IN SKLEPI	46
6.1	RAZPRAVA	46
6.1.1	Vrstna sestava in pogostost makrofitov Slivniškega jezera	46
6.1.2	Razporeditev makrofitov po globini	49
6.1.3	Vpliv okoljskih dejavnikov na makrofite v Slivniškem jezeru	49
6.2	SKLEPI	50
7	POVZETEK	52
8	VIRI	53
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Pet stopenjska lestvica za oceno zastopanosti vrste in povezanost masnega indeksa ter dejanske biomase (povzeto po Pall in Janauer, 1995)	24
Preglednica 2: Seznam v Slivniškem jezeru najdenih makrofitov	28
Preglednica 3: Delež litorala, ki ga predstavlja posamezno stanje določenega dejavnika širše okoljske ocene Slivniškega jezera	38
Preglednica 4: Izbrani dejavniki okolja in statistična značilnost (P)	42
Preglednica 5: Lastne vrednosti, kumulativni pojasnjeni odstotki varianc in korelacijski koeficienti za relacijo takson - okolje	42

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Slivniško jezero	1
Slika 2: Erozija jezerskih bregov na mestih, kjer je breg nad vodno gladino strm	18
Slika 3: Krožni prelivni objekt ob pregradi	20
Slika 4: Palica za merjenje globine	22
Slika 5: Razporeditev in pogostost makrofitov v Slivniškem jezeru od 1. do 52. odseka	29
Slika 6: Razporeditev in pogostost makrofitov v Slivniškem jezeru od 53. do 96. odseka	30
Slika 7: Relativna rastlinska biomasa makrofitov v Slivniške jezeru	31
Slika 8: Povprečni masni indeks za posamezne vrste makrofitov v Slivniškem jezeru (črna barva – MMT, bela barva – MMO)	32
Slika 9: Razmerje povprečnih masnih indeksov (MMT in MMO) posameznih makrofitov v Slivniškem jezeru	33
Slika 10: Povprečne minimalne in maksimalne globine uspevanja posameznih vrst makrofitov v litoralu Slivniškega jezera	34
Slika 11: Tip sedimenta litorala Slivniškega jezera	35
Slika 12: Kalnost vode v Slivniškem jezeru	35
Slika 13: Osončenost litorala Slivniškega jezera	36
Slika 14: Naklon dna Slivniškega jezera	37
Slika 15: Prisotnost makroskopskih alg v Slivniškem jezeru	37
Slika 16: Lastnosti širše okolice Slivniškega jezera od odseka 1 do odseka 70	40
Slika 17: Lastnosti širše okolice Slivniškega jezera od odseka 71 do odseka 96	41
Slika 18: CCA ordinacijski diagram z izbranimi dejavniki okolja in makrofitskimi taksoni Slivniškega jezera	44
Slika 19: CCA ordinacijski diagram z izbranimi dejavniki okolja in odseki litorala Slivniškega jezera	45

KAZALO PRILOG

PRILOGA A

Slika A: Slika Slivniškega jezera z označenimi odseki

PRILOGA B

Preglednica B: Koordinate in dolžine posameznih odsekov Slivniškega jezera

PRILOGA C

Vprašalnik za oceno okoljskih dejavnikov Slivniškega jezera

PRILOGA D

Ocene okoljskih dejavnikov na posameznih odsekih litorala Slivniškega jezera

PRILOGA E

Preglednica E: OECD kriteriji in trofična stopnja Slivniškega jezera za leta 2004, 2005, 2007 in posamezne vrednosti za leti 2008 in 2009 (povzeto po ARSO, 2004; ARSO, 2005; ARSO, 2006; ARSO 2007; ARSO, 2008; ARSO, 2009)

PRILOGA F

Preglednica F1: Povprečni biovolumen fitoplanktona in vsebnost klorofila *a* v zadrževalnikih vzhodne Slovenije za obdobje 2008-2009 (ARSO, 2008 in ARSO, 2009)

Preglednica F2: Povprečne vrednosti celotnega fosforja in anorganskega dušika v zadrževalnikih vzhodne Slovenije za obdobje 2008-2009 (ARSO, 2008 in ARSO, 2009)

Preglednica F3: Ocena ekološkega stanja zadrževalnikov vzhodne Slovenije v letu 2009 (za Slivniško jezero tudi za leto 2008) na osnovi posebnih onesnaževal in splošnih fizikalnih in kemijskih parametrov (povzeto po ARSO, 2008 in ARSO, 2009)

PRILOGA G

Preglednica G: Vrstna sestava in pogostost makrofitov v Slivniškem jezeru leta 2007 (ARSO, 2007)

1 UVOD

Umetna jezera so poznale že stare civilizacije. Sprva so služila namakanju obdelovalnih površin, gojenju rib in drugim gospodarskim dejavnostim. Z razvojem planinskega pašništva so na planinah nastale lokve, na Krasu kali, ribniki so bili dragocena posest srednjeveških gospodov in priljubljeno mesto meščanskega družabnega življenja. Predvsem na začetku 20. stoletja so zaradi industrializacije nastala ugrezninska rudniška jezera, velika akumulacijska jezera ter bagerska jezera. Umetna jezera so torej tista, ki jih je ustvaril človek in preuredil za svoje potrebe (Wetzel, 2001).

Vzhodno od razpotegnjenega, v jedru gručastega naselja Gorica pri Slivnici, v južnem obrobju Voglajnskega gričevja, je ob razširjenem dolinskem dnu veliko Slivniško jezero (Perko in Adamič-Oražen, 1998). Gre za zajezitveno jezero na reki Voglajni, ki je bilo narejeno za izboljšanje poplavne varnosti krajev ležečih ob omenjeni reki.



Slika 1: Slivniško jezero

Umetna jezera so zelo občutljiv vodni ekosistem, saj so največkrat močnejše podvržena evtrofikaciji. Umetna jezera so navadno že na začetku nastanka bogata s hranilnimi snovmi, kasneje pa se zaloge samo še povečujejo.

Makrofiti so pomemben del vodne življenjske združbe, saj vplivajo na fizikalne, kemijske in biološke značilnosti celotnega vodnega telesa. Ekološko stanje se v skladu z Vodno direktivo vrednoti z biološkimi elementi kakovosti, podpornimi hidromorfološkimi ter fizikalnimi in kemijskimi elementi (Vodna direktiva 2000/60/ES). Makrofiti so uporabni za ocenjevanje trofičnih razmer v jezerih glede na zahteve Vodne direktive, saj se makrofitska združba na spremembe odziva s spremembo vrstne sestave in pogostosti posamezne vrste ter s spremembo globine uspevanja (Germ in Gaberščik, 2008).

Namen diplomske naloge je bil ugotoviti, kakšna je zastopanost, pogostost in razporeditev makrofitov v litoralu Slivniškega jezera in kako na to vplivajo okoljske razmere.

Cilji naloge so bili naslednji:

- ugotoviti, katere vrste makrofitov so v Slivniškem jezeru prisotne in kakšna je njihova pogostost,
- ugotoviti, kakšna je razporeditev vrst po celotnem litoralu Slivniškega jezera,
- ugotoviti, kako na pojavljanje, pogostost in razporeditev makrofitov v jezeru vplivajo nekateri okoljski dejavniki.

Predvidevali smo:

- da je zastopanost in pogostost makrofitov v Slivniškem jezeru velika,
- da različne vrste makrofitov uspevajo na različnih globinah,
- da okoljske razmere v litoralu in v širši okolici Slivniškega jezera vplivajo na pogostost in razporeditev makrofitov.

2 PREGLED OBJAV

2.1 JEZERSKI EKOSISTEM

Definicij za jezero je več. Ena izmed njih jezero opredeljuje kot vsako naravno ali umetno vodno telo na zemeljskem površju, s površino nad 1 ha, z enakomerno višino vodne gladine in z majhnim dotokom glede na skupno prostornino vode, ki omogoča usedanje suspendiranih delcev in hkrati nima stalne, neposredne povezave z morjem (Heinonen in sod., 2000, cit. po Remic-Rekar, 2003). Glede na nastanek jezerske kotanje jezera delimo na tektonska, ledeniška, vulkanska, rečna, sipinska, obalna, antropogena jezera in jezera organskega nastanka (Wetzel, 2001).

Jezerski ekosistem je sestavljen iz proste vode (pelagial) in usedlin (bental). Bental se deli na litoral in profundal. Meja med njima je kompenzacijska globina, do koder je v jezeru še dovolj svetlobe za fotosintezo. Nad kompenzacijsko globino je trofogeni sloj, kjer poteka produkcija hranil, pod njo pa trofolitični sloj, kjer se snovi porabljajo (Tarman, 1992).

Litoral jezera je prehodno območje (ekoton) med kopnim ekosistemom in prosto vodo jezera ter predstavlja zelo pomemben del vodnega ekosistema. Kemijski in biološki procesi v litoralnem pasu selektivno vplivajo na kakovost in kvantiteto hranil ter organskih snovi, ki vstopajo v jezero. Litoral je sestavljen iz evlitorala in infralitorala. Evlitoral je obalni predel, ki leži na območju največjega sezonskega nihanja vodne gladine in je pod vplivom valovanja. Infralitoral je razdeljen na tri cone, ki jih zaznamuje tipična razporeditev makrofitske vegetacije. V zgornjem infralitoralu prevladujejo emerzne rastline, srednji infralitoral je cona plavajočih ukoreninjenih makrofitov, v spodnjem infralitoralu pa prevladujejo potopljeni ukoreninjeni makrofiti (Wetzel, 2001).

V jezerih zmernega klimatskega pasu se pozimi in poleti pojavlja značilna vertikalna temperaturna plastovitost. Ogrevanje ozračja in posledično tudi vode sproži spomladi kroženje vode po celotnem vodnem stolpcu, kar ustvari enake temperaturne razmere po

celotnem vodnem stolpcu. To imenujemo spomladanska homotermija. Poleti so zgornje plasti toplejše, najhladnejša voda pa je na dnu. Jezero je temperaturno stratificirano. Vrhnja najtoplejša in najlažja plast se imenuje epilimnij, sledi metalimnij, na dnu pa je najhladnejša in najtežja plast vode, ki se imenuje hipolimnij. Jesensko ohlajanje zgornje plasti vode spet sproži kroženje vode in plasti vode se premešajo (jesenska homotermija). Pozimi je plastovitost inverzna (Wetzel, 2001).

Zaradi manjše samočistilne sposobnosti so stoječe celinske vode bolj podvržene onesnaženju kot tekoče. Stanje posameznega jezera ali zadrževalnika je odvisno od hidroloških in morfoloških značilnosti, predvsem pa od vnosa različnih snovi in energije. Splošno razširjen problem večine stoječih voda v Sloveniji, ki so večinoma na karbonatni kamninski podlagi, je prekomeren vnos hranil, zlasti fosforja in dušika. Postopno staranje jezer je naraven proces, ki ga sčasoma doživlja vsako jezero. S pravilnim, sonaravnim upravljanjem v pojezerju, ta proces lahko zelo upočasnimo, v nasprotnem primeru pa pospešimo (Remic-Rekar, 2003).

2.1.1 Zadrževalniki

Ljudje že vsaj 4000 let gradijo umetne zadrževalnike s pregraditvijo potokov in rek. Umetna vodna telesa so največkrat zgrajena za ustvarjanje zalog vode, za povečanje poplavne varnosti, za produkcijo električne energije in za rekreacijo. Zadrževalniki se v več pogledih razlikujejo od naravnih jezer, vendar so številne raziskave pokazale tudi veliko podobnosti v delovanju med obema tipoma vodnih teles (Wetzel, 2001).

Zadrževalniki pogosto nastanejo z zajezitvijo rečne doline, ki povzroči, da se voda za jezom akumulira. Veliko zadrževalnikov vpliva na upočasnitev toka reke, kar povzroča odlaganje velike količine rečnih sedimentov, zato je življenjska doba zadrževalnikov relativno kratka (Wetzel, 2001).

Toplotne razmere v zadrževalnikih so odvisne od načina odvzemanja vode. V jezerih, kjer poteka odzem vode na vrhu pregrade, se ustvarijo podobne toplotne razmere kot v

naravnih jezerih. Odvzem vode iz hipolimnija poleti povzroči spuščanje toplih plasti vode proti dnu in s tem splošno segrevanje vode v jezeru, pozimi pa se odvzema topla voda in se proti dnu spušča hladna voda. Omenjeno dogajanje ima velik vpliv na vodne organizme, še posebej na nekatere živali (Tarman, 1992).

Problem zadrževalnikov so pogosto komunalne in industrijske odpadne vode ter vnos snovi iz kmetijskih površin. Na produkcijske lastnosti v zadrževalnikih, poleg kvalitete in kvantitete vnesenih snovi, vpliva tudi pretok, ki ga določajo upravjalci (ARSO, 2003).

2.2 ZNAČILNOSTI MAKROFITOV

Pojem vodni makrofiti se nanaša na zelo raznoliko skupino vodnih organizmov, ki imajo sposobnost fotosinteze in so dovolj veliki, da jih vidimo s prostim očesom. V to skupino uvrščamo vodne predstavnike semenk, praproti, mahov in nekaterih makroskopskih alg (Denny, 1985, cit. po Chambers in sod., 2008). Vodni makrofiti imajo zelo širok razpon velikosti, od vrste *Victoria amazonica* s premerom lista do 2,5 m, do predstavnikov rodu *Wolffia* s premerom lista manj kot 0,5 mm (Chambers in sod., 2008). Glede na rastno obliko, način pritrditve in položaj v vodnem stolpcu, makrofite razvrščamo v pet različnih skupin (Hutchinson, 1975):

- emerzni makrofiti ali helofiti (he) so rastline, ki razvijejo asimilacijske površine in večji del stebela nad vodno gladino (*Typha latifolia*, *Phragmites australis*),
- plavajoči, ukoreninjeni makrofiti (fl) imajo značilne plavajoče liste, lahko pa tudi nekaj potopljenih listov (*Trapa natans*, *Nymphaea alba*),
- plavajoči, neukoreninjeni makrofiti (ap) prosto plavajo na vodni površini, saj niso ukoreninjeni v substrat (*Lemna minor*, *Eichhornia crassipes*),
- potopljeni, ukoreninjeni makrofiti (sa) imajo večino asimilacijskih površin pod vodno gladino in so ukoreninjeni v substrat (*Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton pectinatus*),
- potopljeni, neukoreninjeni makrofiti (sp) imajo značilne potopljene liste in prosto plavajo v vodnem stolpcu (*Lemna trisulca*).

Med makrofite uvrščamo tudi rastline, ki lahko uspevajo tako v vodi kot na kopnem. To so rastline z amfibijskim značajem ali amfifiti (am). Kot prilagoditev na različne razmere lahko razvijejo cel niz različnih listov, od vodnih do popolnoma zračnih, ali se prilagajajo z različnimi ravnimi oblikami (vodna potopljena, vodna plavajoča in kopenska). Predstavniki amfibijskih rastlin so vodna dresen (*Polygonum amphibium*), trpotčasti porečnik (*Alisma plantago – aquatica*), vodna meta (*Mentha aquatica*) in številni drugi (Hutchinson, 1975).

Številni vaskularni makrofiti so kozmopolitski organizmi, saj se vsaj 11 % vrst pojavlja najmanj v treh bioregijah, 41 % vseh družin makrofitov pa se pojavlja v vsaj šestih bioregijah. Vrste, kot so *Ceratophyllum demersum*, *Najas marina*, *Potamogeton nodosus* in mnoge druge, najdemo v vsaj sedmih od osmih bioregij (Chambers in sod., 2008).

2.3 PRILAGODITVE MAKROFITOV NA RAZMERE V VODNEM OKOLJU

Ker so se vodni makrofiti sekundarno vrnili iz kopnega v vodno okolje, so razvili številne fiziološke in morfološke prilagoditve, predvsem na drugačne svetlobne razmere in na pomanjkanje kisika in ogljikovega dioksida (Chambers in sod., 2008). Večina prilagoditev je dedno fiksiranih, torej so pridobljene v filogenetskem razvoju, manjši del prilagoditev pa je takšnih, ki nastanejo tekom ontogenetskega razvoja (Martinčič, 1994).

2.3.1 Morfološke in anatomske prilagoditve

Pri višjih vodnih rastlinah so se razvile številne specifične morfološke in anatomske prilagoditve, t.i. hidromorfoze, ki so nastale zaradi delovanja vodnega okolja (Trošt-Sedej, 2005).

Posebnost vodnih rastlin je aerenhim ali zračno tkivo. Gre za sistem zračnih prostorov, ki potekajo od listov, skozi listne peclje in stebela, vse do korenin, omogoča pa prehajanje plinov od listov do korenin in obratno. Aerenhim prav tako zmanjša specifično težo

rastlinskih delov, kar zmanjšuje potrebo po opornih tkivih in povečuje vzgon rastline (Hutchinson, 1975).

Potopljeni listi vodnih rastlin so navadno tanki, lasasti ali drobno razcepljeni, zaradi česar je razmerje med površino in volumnom lista povečano, kar omogoča lažjo izmenjavo plinov ter učinkovitejše sprejemanje hranil in vode. Povrhnjica potopljenih listov je tanka ali celo manjka, slabo razvita pa je tudi kutikula. Listne reže navadno niso razvite, če pa so, niso funkcionalne. Celice listne povrhnjice imajo žlezne diferenciacije, hidropote, ki služijo absorpciji ionov iz vode. Asimilacijsko tkivo ni diferencirano v stebričasto in gobasto tkivo, mezofil pa je sestavljen iz manjšega števila plasti celic, kar olajša prehajanje svetlobe in difuzijo snovi (Trošt-Sedej, 2005). Kloroplasti so skoncentrirani blizu povrhnjice (Chambers in sod., 2008).

Plavajoči listi so debelejši od potopljenih. Po obliki so največkrat okrogli, ščitasti, ledvičasti ali podolgovati. Povrhnjica je enoplastna, a dobro razvita in pogosto pokrita z debelo kutikulo in epikutikularnimi voski. Na zgornji povrhnjici je veliko število listnih rež, na spodnji strani pa so številne hidropote. Mezofil lista je diferenciran v stebričasto in gobasto tkivo. Za plavajoče liste je značilen zmanjšan obseg prevajalnih tkiv, hidromorfni znak pa je obsežno aerenhimsko tkivo (Trošt-Sedej, 2005).

Steblo vodnih rastlin ima navadno enoplastno povrhnjico, prekrito s tanko kutikulo. Pogoste so hidropote, listne reže pa na steblih najdemo le izjemoma. Prevajalno tkivo potopljenih rastlin je slabo razvito, saj poteka absorpcija snovi preko celotne površine rastline. Zaradi velike gostote vodnega medija je zmanjšan tudi obseg opornega tkiva, saj nima več prave funkcije (Hutchinson, 1975). V osrednjem delu nameščena, maloštevilna mehanska tkiva predvsem povečujejo elastičnost stebela, ki je še posebej pomembna pri rastlinah hitro tekočih voda (Martinčič, 1994). Velik del volumna stebela pogosto zavzema aerenhim.

Pri ukoreninjenih vodnih rastlinah korenine služijo za pritrditev in za črpanje hranil, medtem ko imajo pri neukoreninjenih le še vlogo črpanja. Nekatere vrste so korenine

popolnoma izgubile. V primarni skorji korenin se lahko razvije aerenhim (Trošt-Sedej, 2005).

2.3.2 Fiziološke prilagoditve

Potopljene rastline imajo relativno nizko produktivnost v primerjavi s kopenskimi in močvirskimi vrstami. V vodnem okolju se pojavita dva omejujoča dejavnika fotosinteze, in sicer zmanjšana jakost svetlobe, ki z globino pada in velika difuzijska upornost plinov (predvsem CO₂ in O₂). Zaradi pomanjkanja CO₂ so vodne rastline razvile številne mehanizme za povečanje intercelularne vsebnosti ogljika. Nekaterim to omogoča fosfoenol piruvat karboksilaza (podoben metabolizem kot C₄ rastline), redke pa lahko izkoriščajo povečano vsebnost ogljikovega dioksida v vodi v nočnem času (Trošt-Sedej, 2005). Številne vrste lahko sprejemajo bikarbonat, saj je v večini voda to dominantna oblika ogljika (Madsen in sod., 1996). Sprejemanje bikarbonata zahteva dodaten vložek energije v primerjavi z enostavno difuzijo CO₂, zato aktivni privzem bikarbonata večinoma poteka le v primerih, ko je fotosinteza omejena zaradi pomanjkanja CO₂ (Jones, 2005). Anatomske prilagoditve nekaterim omogočajo tudi delno izrabo CO₂, ki nastaja pri dihanju in fotorespiraciji, nekatere pa se lahko preskrbujejo s CO₂, ki nastaja v talnem substratu. Vrste, ki imajo plavajoče liste ali helofiti, lahko izkoriščajo tudi atmosferski CO₂ (Chambers in sod., 2008).

2.4 ZNAČILNOSTI VODNEGA OKOLJA, KI VPLIVAJO NA USPEVANJE MAKROFITOV

Vodno okolje je, v primerjavi s kopenskim, povsem drugačno. V primerjavi z zrakom je voda bolj viskozen medij, je boljše topilo, temperaturne razmere v vodi pa so bolj stabilne. Po drugi strani pa voda povzroča večje sile, difuzija plinov v vodi pa je zmanjšana. Te značilnosti vodnega okolja imajo neposredne in posredne vplive na makrofite (Madsen in sod., 2001).

2.4.1 Svetloba

Svetloba je glavni omejujoč dejavnik za uspevanje potopljenih makrofitov in določa njihovo največjo globino uspevanja (Imamoto in sod., 2007, cit. po Hussner in sod., 2010). Ugotovljeno je bilo, da se potopljene rastline v naravnih okoliščinah vedejo kot senčne rastline (Bowes and Salvuci, 1989, cit. po Hussner in sod., 2010).

Jakost svetlobnega sevanja je v vodi manjša kot v zraku in z globino pada (Madsen in sod., 2001). Voda dobro prepušča fotosintezno aktivni spekter sevanja (PAR), močno pa absorbira valovne dolžine daljše od 700 nm. Svetlobne razmere v jezeru so zelo odvisne tudi od kalnosti jezerske vode. (Trošt Sedej, 2005). Chambers in Kalf (1985, cit. po Rooney in Kalf, 2000) sta empirično dokazala povezavo med Secchi-jevo globino in maksimalno globino uspevanja kritosemenk, mahov in parožnic.

2.4.2 Temperatura

Temperaturne spremembe v vodnih telesih so odraz klimatskih sprememb, ki se pojavljajo sezonsko. Temperatura jezerske vode se spreminja predvsem zaradi absorpcije sončnega sevanja, vplivajo pa tudi površinski dotoki in odtoki, talna voda ter oddajanje toplote iz usedlin in zraka. Temperaturne spremembe v vodi so praviloma manjše in počasnejše kot na kopnem. Z naraščanjem temperature vode se zmanjšuje topnost nekaterih plinov (O_2 , CO_2 , N_2 , CH_4) v vodi (Urbanič in Toman, 2003).

Temperatura vpliva na številne fiziološke procese, kot so dormanca in tvorba turionov, kalitev semen in razvoj rastline, fotosinteza ter dihanje (Trošt-Sedej, 2005). Makrofiti hitreje rastejo ob višji temperaturi (Urbanič in Toman, 2003). Rooney in Kalf (2000) poročata, da nihanje temperature med letom vpliva na razporeditev in biomaso makrofitskih združb.

2.4.3 Gibanje vode

Za jezerske sisteme je predvsem pomembno valovanje, manj pa vodni tok. Madsen in sod. (2001) navajajo, da energija valov lahko povzroči škodo makrofitom. Opazili so, da povečanje višine valov iz 0,1 m na 0,3 m zelo poveča število prelomov stebela pri vrsti *Myriophyllum spicatum*, kar pa ne pomeni nujno odmrtnosti odlomljenih fragmentov, ampak le ti lahko pripomorejo k razširjanju vrste (Stewart in sod., 1997, cit. po Madsen in sod., 2001). Po drugi strani makrofiti zmanjšujejo energijo valov in velikost toka, s čimer povečajo sedimentacijo snovi in zmanjšajo potencial za ponovno dvigovanje usedlin (Madsen in sod., 2001).

2.4.4 Globina vode

Pogost dejavnik, ki omejuje razširjanje vrst, je globina vode. Raziskave so pokazale, da se število taksonov z globino zmanjšuje (Gaberščik, 1997).

Zaradi nenadne spremembe višine vodne gladine, se lahko produkcija makrofitov spremeni, določene vrste pa lahko celo izginejo (Gaberščik, 1997). Tudi Feldmann in Nõges (2007) navajata, da pogosta nihanja vodne gladine v kombinaciji z eutrofikacijo, zelo znižata diverzitetu vrst makrofitov v jezerih.

2.4.5 Sediment

Vrsta sedimenta vpliva na možnost ukoreninjenja makrofitov. Preveč grob substrat onemogoča pravi razvoj korenin in rizomov, medtem ko preveč fine, rahle usedline ne omogočajo dovolj dobre opore (Istvánovics in sod., 2008).

Tudi vsebnost hranil v sedimentu je odvisna od vrste sedimentov. V peščenem sedimentu je vsebnost hranil, še posebej fosforja, manjša kot v mulju (Máté, 1987, cit. po Istvánovics in sod., 2008). Makrofiti v veliki meri privzemajo hranila iz sedimenta. Še posebej to velja

za privzem fosforja. Direktni privzem hranil iz vode s pomočjo poganjkov poteka v manjši meri, saj je koncentracija hranil v sedimentu večja, kot v vodi (Lehmann in sod., 1997).

2.4.6 Kemizem vode

Kemizem vode se spreminja glede na geološko podlago, vrsto zaledja in antropogene vplive (Gaberščik, 1997). Kemijske lastnosti vode so pomemben dejavnik, ki uravnava pojavljanje in pogostost rastlinskih vrst v vodnem okolju. Predvsem so pomembni pH, trdota vode, količina raztopljenih hranil in plinov ter količina suspendiranih snovi (Trošt-Sedej, 2005).

pH

pH vode je odvisen predvsem od geološke podlage in rastlin, ki rastejo v vodi (Trošt-Sedej, 2005). Vpliva na mnoge biološke in kemijske procese v vodi. V neonesnaženih sistemih je pH odvisen predvsem od razmerja med CO_2 , HCO_3^- , CO_3^{2-} in tudi od drugih naravnih spojin, kot so huminske in fulvo kisline. Dnevno nihanje pH je pogosto rezultat fotosintezne aktivnosti in respiracije primarnih producentov v vodi (Urbanič in Toman, 2003).

Večina vrst najbolje uspeva v vodah z nevtralnimi pH. Redke vodne rastline lahko uspevajo v izredno kislem okolju (pH maj kot 4), več je takih, ki jim ustreza bazično okolje (pH med 10 in 11) (Trošt-Sedej, 2005).

KISIK

Prosti kisik v vodi je bistven za dihanje vseh aerobnih organizmov ter za oksidacijske in redukcijske procese v vodi in sedimentu. Zaradi velike difuzijske upornosti je difuzija kisika v vodi za faktor 10^4 počasnejša kot v zraku (Trošt-Sedej, 2005). Koncentracija kisika v vodi se spreminja v odvisnosti od temperature, atmosferskega tlaka, slanosti,

turbulence, fotosintezne aktivnosti primarnih producentov in respiratorne aktivnosti življenjske združbe. Z višanjem temperature in slanosti vode se topnost kisika zmanjša, medtem ko z večanjem turbulence narašča. Pri raztapljanju kisika v vodi imajo ključno vlogo fizikalni in kemijski procesi, na njegovo končno koncentracijo in razporeditev v vodnem stolpcu pa bistveno vplivata primarna produkcija zelenih rastlin in razgradni procesi saprofitskih bakterij. S fotosintezno aktivnostjo se koncentracija kisika povečuje, medtem ko respiracijska aktivnost organizmov zmanjšuje vsebnost raztopljenega kisika (Urbanič in Toman, 2003).

ANORGANSKI OGLJIK

Ogljik je v vodi prisoten kot prosti CO_2 , kot bikarbonatni ion (HCO_3^-) in karbonatni ion (CO_3^{2-}), ravnotežje med posameznimi oblikami pa je odvisno od pH. Pri nizkem pH prevladuje prosti CO_2 , pri nevtralnem bazičnem HCO_3^- , pri bazičnem pa CO_3^{2-} (Trošt-Sedej, 2005).

V številni produktivnih vodnih telesih je koncentracija CO_2 majhna in predstavlja omejujoč dejavnik za fotosintezo, saj je difuzija raztopljenih plinov v vodi zelo počasna. Raztopljen anorganski ogljik je lahko vzrok za kompeticijo med potopljenimi rastlinami in perifitonskimi algami (Jones, 2005).

Makrofiti lahko za fotosintezo v vodi uporabijo dva znana vira raztopljenega anorganskega ogljika. To sta HCO_3^- , ki je največkrat dominantna oblika raztopljenega ogljika v vodi in CO_2 (Madsen in sod., 1996).

FOSFOR

V primerjavi z drugimi glavnimi hranili (ogljik, vodik, dušik, kisik in žveplo), je fosfor najmanj razširjen in je najpogosteje omejujoč dejavnik primarne produkcije v vodnih telesih (Wetzel, 2001). V vodi je fosfor prisoten v obliki ortofosfata, ki je edina pomembna oblika fosforja za primarno produkcijo. Fosfor je ob prisotnosti kisika vezan v sedimente,

ob odsotnosti kisika pa se iz njih sprošča. Oba procesa potekata kontinuirano v odvisnosti od razgradnje in sinteze organskih spojin ter oksidacije anorganskih spojin. V vodi je fosfor redko prisoten v večjih koncentracijah, predvsem zaradi aktivnega privzemanja s strani primarnih producentov. Velike koncentracije v vodnih telesih kažejo na prisotnost onesnaženja, kar pospešuje produktivnost alg in evtrofikacijske procese. Zvišanje koncentracije fosforja, kot posledica človeške aktivnosti, velja za osnovni vzrok evtrofikacije vodnih teles (Urbanič in Toman, 2003).

DUŠIK

Dušik je poleg ogljika, vodika, kisika in fosforja, ena glavnih sestavin vsake žive celice. Pogosta oblika dušika v vodnih telesih je nitrat (NO_3^-), saj predstavlja končni produkt razgradnje organskih dušikovih spojin (Urbanič in Toman, 2003). Poleg nitrata sta pogosti anorganski obliki dušika v vodi še amonij NH_4^+ in nitrit NO_2^- (Wetzel, 2001). Anorganski dušik sicer vpliva na bioprodukcijske procese v jezeru, čeprav je glavni regulator produkcije fosfor. Dušik lahko postane omejujoč dejavnik produkcije, ko pride do povečanega vnosa fosforja v vodno telo, kot rezultat spiranja s kmetijskih površin, odvajanja odplak v vodno telo in kot rezultat atmosferskega onesnaženja (Wetzel, 2001).

2.5 POMEN MAKROFITOV V JEZERSKEM EKOSISTEMU

Makrofiti igrajo pomembno strukturno in funkcijsko vlogo v delovanju vodnega ekosistema (Chambers in sod., 2008) in so pomembni za vzdrževanje stabilnosti vodnega ekosistema (Mazej in Gaberščik, 1999). So pomemben člen pri pretoku energije in kroženju snovi v sistemu ter sodelujejo pri stabilizaciji sedimenta (Kuhar in sod., 2009).

Ukoreninjeni makrofiti so živa povezava med sedimentom, vodo in (v primeru plavajočih in emerznih makrofitov) atmosfero v jezerih, rekah in močvirjih. Lahko vzpodbujajo izhajanje plinov iz sedimenta v atmosfero, ali pa oksigenirajo rizofero in zvišajo redoks potencial sedimenta (Cronin in sod., 2006). V splošnem makrofiti tudi povečujejo izhajanje metana iz sedimenta v atmosfero (Smith in sod., 2000, cit. po Cronin in sod., 2006). Velika

biomasa makrofitov v vodnem ekosistemu z obsežno fotosintezno in respiratorno aktivnostjo pogosto povzroča hipersaturacijo z raztopljenim kisikom podnevi in pomanjkanje raztopljenega kisika ponoči (Muhammetoğlu in Soyupak, 2000).

Vodni makrofiti očitno zmanjšujejo dvigovanje usedlin in erozijo jezerskega sedimenta, preko česar vplivajo tudi na sproščanje fosforja iz jezerskih usedlin (Horppila in Nurminen, 2003). Rastoči makrofiti ne izločajo fosforja, lahko pa vplivajo na njegovo sproščanje iz sedimentov z znižanjem vrednosti raztopljenega kisika zaradi respiracije, ali z znižanjem pH med intenzivno fotosintezo (Graneli in Solander, 1988, cit. po Horppila in Nurminen, 2003). Po drugi strani pa makrofiti s sproščanjem O₂ iz korenin in poganjkov povzročajo povečano oksigenacijo sedimenta, kar zmanjša sproščanje fosforja iz sedimenta (Carignan, 1985, cit. po Horppila in Nurminen, 2003).

Vodna telesa so pogosto preobremenjena s hranilnimi snovmi. Makrofiti so sposobni privzemati hranila tako iz proste vode kot iz sedimentov, ter jih vgraditi v lastno biomaso (Asaeda in sod., 2001). Tudi Horvatova in sodelavci (2008) so z raziskavo ugotovili, da imajo makrofiti velik pomen pri uravnavanju hranil v akumulacijskem jezeru Komarnik, saj so bile koncentracije večine ionov, tudi celotnega fosforja in dušika, v jezeru nižje, kot v pritoku in odtoku. Vendar pa večina makrofitov po končani vegetacijski sezoni propade in hranila se vrnejo v jezerski sediment. Za predstavnike reda Charales je značilna počasna razgradnja, zato te rastline lahko zadržujejo hranila daljše obdobje (Królikowska, 1997).

Za večino plitkejših jezer sta značilni dve nasprotujoči si stabilni stanji. Za bistro stanje vode je značilno, da so dominantni primarni producenti vodni makrofiti, pri kalnem stanju pa je značilna velika biomasa fitoplanktona (Hilt in Gross, 2008). Hilt in Gross (2008) in Muylaert in sodelavci (2010) ugotavljajo, da so submerzni makrofiti ključnega pomena za stabilizacijo bistrega stanja jezerske vode, saj kontrolirajo biomaso fitoplanktona preko številnih mehanizmov, kot so zasenčevanje, omejevanje hranil, alelopatične interakcije, ustvarjanje skrivališč pred plenilci za zooplankton, ki s pašo kontrolira fitoplankton.

Potopljeni makrofiti so vir hrane za nekatere herbivore. Z makrofiti se prehranjujejo nekateri nevretenčarji, ribe in vodne ptice (Lodge in sod., 1998, cit. po Schmieder in sod., 2006).

Deli vodnih teles, ki so porasli z makrofiti, so med najbolj produktivnimi in heterogenimi. Raznolike združbe makrofitov vzdržujejo diverziteto v vodnem okolju (Chambers in sod., 2008), saj nudijo zatočišče in skrivališče zooplanktonu, številnim vodnim nevretenčarjem, ribam in vodnim pticam (Muhammetoğlu in Soyupak, 2000). Makrofiti predstavljajo tudi ustrezno površino za nastajanje biofilmov (Carpenter in Lodge, 1986, cit. po Cronin in sod., 2006).

Med vodnimi makrofiti je nekaj najhujših invazivnih rastlin na svetu. Takšne so npr. *Salvinia molesta*, *Eichhornia crassipes* in *Hydrilla verticillata*. Veliko invazivnih vrst je tropskih ali subtropskih, zato bo globalno segrevanje vsekakor povečalo število in frekvenco pojavljanja teh vrst v zmernih klimatih (Chambers in sod., 2008). Invazivne vrste vplivajo na strukturo avtohtone združbe. Invazivni uspeh vrste je odvisen od značilnosti okolja in strukture združbe (Kuhar in sod., 2010a).

2.6 MAKROFITI IN KVALITETA VODA

Obrežni rastlinski sestoji so naravni čistilni sistemi, ki zadržujejo različne delce in raztopljene snovi, ki se spirajo v vodna telesa iz zaledja. Če je vnos snovi prevelik, pride do pospešene eutrofikacije (Wetzel, 1990, cit. po Gaberščik, 1997).

Makrofiti se odzivajo na različne okoljske vplive, posebno na spremembe v obrežnem pasu in zaledju vodnega telesa ter na spremembe hidrološkega režima. Posebno so občutljivi na organsko onesnaženje. Poslabšanje fizikalnih značilnosti in eutrofikacija vodnega telesa se odraža v spremembi razporeditve in v spremembi biodiverzitete vrst makrofitov, v povečanem številu odpornejših vrst makrofitov v vodnem telesu (Horvat in sod., 2008) ter v zmanjšanju zastopanosti za onesnaženje občutljivih vrst (Gaberščik, 1997).

Vodni makrofiti s svojimi koreninami iz sedimenta lahko črpajo težke kovine. Koncentracija kovin v rastlinah je lahko tudi 100 000 - krat večja kot v samem sedimentu (Albers in Camardese, 1993, cit. po Mazej in Germ, 2009). Določeni vodni makrofiti so lahko indikatorji vsebnosti majhnih količin težkih kovin v sedimentu, ki bi jih sicer težko zaznali (Mazej in Germ, 2009).

Sestava in zastopanost makrofitske združbe odražata kvaliteto celotnega ekosistema. Makrofiti so eden izmed bioloških elementov Vodne direktive (Vodna direktiva 2000/60/ES) za oceno ekološkega statusa rek (Kuhar in sod., 2010b).

3 MESTO RAZISKAVE

3.1 SPLOŠNE ZNAČILNOSTI SLIVNIŠKEGA JEZERA

Slivniško jezero je nastalo z zaježitvijo Ločnice pri Tratni leta 1976, predvsem zaradi zaščite Celja pred poplavami in za potrebe po tehnološki vodi za Železarno Štore (Štraus, 2006). Sodi med evtrofne zadrževalnike, njegova velika prednost pred ostalimi zadrževalniki v osrednji in vzhodni Sloveniji, pa je bujna poraslost z višjimi rastlinami (ARSO, 2005).

Jezero se razteza jugovzhodno od Šentjurja na nadmorski višini 294 m. Omejujejo ga hribi Rakitovec, Lipovski hrib, Požgani hrib, Gradišče ter pregrada Tratna. V jezero se iztekata potok Ločnica in Drobinski potok, iz njega pa, kot iztok, teče reka Voglajna.

Površina jezera znaša 0,84 km², zadržuje pa približno 4 milijone m³ vode. Največja globina jezera znaša 14,5 m, v povprečju pa je globoko okrog 4,8 m (ARSO, 2005). Obala okrog jezera je dolga nekje 7,5 km, velikost prispevnih površin pa se giblje okrog 30 km². V dolžino meri približno 5 km, širina pa je od 250 do 500 m (Štraus, 2006).

Za evtrofne zadrževalnike je značilno, da se jezerska kotanja hitro polni. Podatek o največji globini (14,5 m) se nanaša na čas nastanka jezera. Zaradi kopičenja mulja, zaradi obsežne poraščenosti z makrofiti in zaradi izpiranja prsti v jezero, ki je predvsem posledica erozije in usadov jezerskih bregov (slika 2), pa se globina jezera v zadnjih letih zmanjšuje (Gobec, 2001 in Videc, 2010).

Slivniško jezero je priljubljeno mesto športnega ribolova, saj je zelo bogato z ribami. Za ribolov so zanimive: krap, som, rdečeoka, ščuka, smuč, linj, podust, bolen, klen in druge. Veliko vrst v jezeru je alohtono vnesenih in od tod migrirajo tudi v reko Voglajno. Ob jezeru gnezdi tudi 112 vrst ptic, najštevilčnejši pa so predstavniki divjih rac. Leta 1992 so zavarovali 35 ha močvirskega predela jezera (Štraus, 2006).



Slika 2: Erozijski jezerski bregovi na mestih, kjer je breg nad vodno gladino strm

3.1.1 Fizikalne in kemijske značilnosti Slivniškega jezera

Slivniško jezero je po OECD kriterijih že nekaj let uvrščeno med evtrofne, za nekatere parametre pa celo med hiperevtrofne zadrževalnike (priloga E). Fizikalne in kemijske lastnosti jezerskega ekosistema močno vplivajo na pojavljanje in razporeditev makrofitov.

Slivniško jezero je že vsaj od leta 2004 (od takrat se izvaja monitoring na tem jezeru) močno obremenjeno s hranili, še posebej z nitrati in fosfati (priloga E). V vodo pridejo predvsem s spiranjem z gnojnih kmetijskih površin, ki so, predvsem ob severovzhodnem, vzhodnem in južnem delu jezera, intenzivno izkoriščane. Jezero ima tudi približno 30 km² veliko vodozbirno območje (ARSO, 2004), ki je dokaj intenzivno kmetijsko izkoriščano (Štraus, 2010). Na vzhodnem delu jezera je tudi ribogojnica, ki je sestavljena iz pretočnih ribnikov, z organskimi snovmi obremenjen iztok, pa je usmerjen naravnost v jezero (Štraus, 2006). Letno povprečje koncentracije anorganskega dušika v Slivniškem jezeru se v zadnjih letih zmanjšuje (iz skoraj 1500 µg N/l leta 2005 in 2007 na 860 µg N/l leta 2008 in 533 µg N/l leta 2009) (priloga E). Tudi letno povprečje koncentracije celotnega fosforja se je znižalo na 29 µg N/l leta 2008 in 37 µg N/l leta 2009 (priloga E).

Umetni zadrževalniki so še posebej podvrženi zasipavanju jezerske kotanje, kar procesi evtrofikacije samo še pospešujejo (Remic-Rekar, 2003). Slivniško jezero ima že od samega

nastanka velik evtrofni potencial, saj je po zalitju doline na dnu ostala zelo rodovitna prst, ki je bogat vir hranil (Gobec, 2001). Poleg tega rastlinska odeja pred zalitjem doline večinoma ni bila odstranjena, zato so se razgrajeni deli rastlin nalagali na dno jezerske kotanje (Videc, 2010). V takšnih pogojih je sukcesija jezera močno pospešena. K hitrejšemu zasipavanju jezerske kotanje Slivniškega jezera veliko pripomorejo razni usadi zemlje in erozija jezerskih bregov. Oba pojava sta dokaj obsežna na mestih, kjer sta breg nad vodno gladino in naklon dna zelo strma (Videc, 2010).

Prosojnost vode v Slivniškem jezeru je zelo slaba, saj je za to kategorijo jezero že vsa leta monitoringa uvrščeno med hiperevtrorfna. Povprečne vrednosti znašajo okrog 1,1 m (priloga E). Prosojnost vode vpliva na svetlobne razmere v jezeru, kar ima močan vpliv na razporeditev makrofitov po globinskem profilu, saj je svetloba vir energije za primarne producente. Chambers in Kalff (1985, cit. po Rooney in Kalff, 2000), sta opazila močno povezavo med Secchi-jevo globino in največjo globino uspevanja kritosemenk, mahov in parožnic.

Povprečne izmerjene koncentracije klorofila *a* kažejo, da je jezero za to kategorijo iz evtrofnega prešlo v mezotrofno stanje, saj je povprečna koncentracija iz 17, 2 $\mu\text{g/l}$ (leto 2007) padla na 6,5 $\mu\text{g/l}$ (leto 2009) (priloga E). Mezotrofna in evtrofna plitka jezera lahko imajo nizko ali visoko produkcijo fitoplanktona, odvisno od tega ali so makrofiti prisotni ali ne (Hilt in Gross, 2008). Nižje koncentracije klorofila *a* v letu 2009 nakazujejo na manjšo produkcijo fitoplanktona v Slivniškem jezeru, kar bi lahko povezali z obsežno poraščenostjo litorala z makrofiti. Prisotnost makrofitov v jezeru namreč preko številnih mehanizmov kontrolira količino fitoplanktona, kar zmanjša kalnost vode. Velika produkcija fitoplanktona povzroča večjo kalnost jezerske vode in slabše prehajanje svetlobe v globino, kar zavira rast makrofitov (Muylaert in sod., 2010).

3.1.2 Uravnavanje nivoja vodne gladine

Nivo vode v jezeru regulirajo s talnim izpustom, torej odvzemajo vodo s hipolimnija. Če gladina vode v jezeru močno naraste in preseže nivo varnostnega preliva, se regulacija s talnim izpustom prekine, voda pa odteka skozi krožni prelivni objekt (slika 3), ki je sestavljen iz krožnega preliva z vertikalnim jaškom, obtočnega rova in odtočnega kanala.

Ob pregradi je zgrajena pregradna, pretočna mala hidroelektrarna (MHE). Za dovod vode se koristi talni izpust (Videc, 2010).



Slika 3: Krožni prelivni objekt ob pregradi

3.2 GEOGRAFSKE ZNAČILNOSTI OBMOČJA

Vogljajnsko in Zgornjesoteljsko gričevje se, zaradi prehodnosti od alpskega k panonskemu svetu, pogosto omenjata kot del sosednjih, večjih in bolj zaokroženih pokrajin. Iz Celjske kotline in z vzhodnih odrastkov Posavskega hribovja prehaja površje v nižji gričevnat svet, kjer so višje vzpetine iz apnenca, dolomita ali magmatskih kamnin le še osamelci (Perko in Adamič-Oražen, 1998).

Glavna os Voglajnskega gričevja je dolina Voglajne, ki jo na jugu zapira prekinjena hribovita pregrada Rifnika in Žusma, na severu pa Drameljske in Ponikevske gorice (Perko in Adamič-Oražen, 1998).

3.2.1 Kamnine

Večji del razrezane gričevnate pokrajine sestavljajo terciarne usedline oligocenske in miocenske starosti. Široko podolje ob Voglajni je zapolnjeno s kvartarnimi naplavinami. V ozkem pasu med Gorico pri Slivnici in Tratno najdemo tudi kamnine magmatskega izvora, in sicer starejši triasni keratofir in keratofirski tuf (Perko in Adamič-Oražen, 1998).

3.2.2 Vode

Obe osrednji reki, Voglajna in Sotla, imata zelo razgibano mrežo pritokov. Pri razvoju hidrografske mreže v tem delu sta imeli odločilen vpliv tektonika in selektivna erozija. Ob Sotli in Voglajni so pogoste poplave. Za izboljšanje poplavne varnosti so zgradili na obeh rekah zaježitveno jezero. Slivniško jezero na Voglajni varuje pred poplavami vse do Celja, Sotelsko jezero pa je danes prazno (Perko in Adamič-Oražen, 1998).

3.2.3 Podnebje

Na zahodu Voglajnsko Zgornjesoteljskega gričevja je nekoliko omiljeno zmerno celinsko podnebje, ki je značilno za osrednjo Savinjsko ravan, vzhodni del pa ima sočasno z zniževanjem gričevja vse več potez, značilnih za subpanonsko celinsko podnebje (Perko in Adamič-Oražen, 1998).

Letna količina padavin je med 1000 in 1200 mm in se proti vzhodu znižuje. Na poletne mesece odpade tretjina, na vso vegetacijsko dobo od aprila do oktobra pa prek štiri petine padavin (Gams in Vrišer, 1998).

4 MATERIAL IN METODE

4.1 TERENSKO DELO

V avgustu, septembru in začetku oktobra leta 2009 smo proučevali poraščenost litorala Slivniškega jezera z makrofiti. Obalo jezera smo razdelili na odseke, ki smo jih določili na podlagi spreminjanja prisotnosti vrst ali na podlagi sprememb okoljskih dejavnikov. Meje med posameznimi odseki smo določili z GPS. Posamezne odseke smo zabeležili na karti Slivniškega jezera (priloga A).

4.1.1 Popis makrofitov

Litoral jezera smo pregledali s pomočjo čolna. Na vsakem odseku smo zabeležili vrste makrofitov, po 5 stopenjski lestvici (Kohler, 1978) ocenili njihovo pogostost (1 - posamična vrsta, 2 - redka, 3- pogosta, 4 - množična in 5 - prevladujoča) ter določili najmanjšo in največjo globino uspevanja posamezne vrste. Globine smo merili s palico, na kateri je bila merilna skala (slika 4).



Slika 4: Palica za merjenje globine

Za določitev vrst smo makrofite izvlekli iz vode s pomočjo teleskopske palice s kavljji. Večino vrst smo lahko določili na terenu s pomočjo določevalnih ključev: Martinčič in sodelavci (2007), Preston (1995) ter Holmes (2005). Težje določljive vrste smo shranili in jih določili kasneje v laboratoriju. Posamezne primerke najdenih vrst smo tudi herbarizirali.

4.1.2 Okoljska ocena Slivniškega jezera

V sklopu ocene okoljskih dejavnikov, ki se nanašajo neposredno na litoral Slivniškega jezera smo si, vzporedno s popisom makrofitov, zabeležili kalnost vode, tip sedimenta, naklon dna, osončenost in prisotnost makroalg. Kalnost vode, naklon dna in osončenost smo ovrednotili po tri stopenjski lestvici, tip sedimenta in prisotnost makroalg pa po štiri stopenjski lestvici. Razlage ocen za posamezen dejavnik so prikazane v prilogi C.

Za ovrednotenje širše okolice Slivniškega jezera smo na vsakem odseku ocenjevali 6 dejavnikov, in sicer utrditev brega, strmino brega nad vodo, obrežni pas, širino obrežnega pasu, sklenjenost z lesnatimi ali močvirskimi rastlinami poraslega obrežnega pasu ter izrabo tal v zaledju. Vse dejavnike smo ovrednotili po 4 stopenjski lestvici. Razlage ocen za posamezen dejavnik so prikazane v prilogi C. Utrditev in strmino brega, obrežni pas ter sklenjenost z lesnatimi ali močvirskimi rastlinami poraslega obrežnega pasu smo beležili hkrati s popisom rastlin, širino obrežnega pasu in izrabo tal v zaledju pa smo ocenjevali kasneje, ko smo prehodili celotno obalo jezera.

4.2 OBDELAVA PODATKOV

4.2.1 Pojavljanje in pogostost makrofitov v jezeru

Podatke o prisotnosti in pogostosti makrofitov smo vnesli v MS Excelovo preglednico in jih obdelali s pomočjo računalniškega programa, ki ga je po metodologiji, povzeti po Pall in Janauer (1995), priredil Milijan Šiško.

Pogostost makrofitov smo interpretirali kot masni indeks (MI), ki je z dejansko biomaso (PM) povezan s funkcijo $f(x) = X^3$ (Melzer in sod., 1986, cit. po Pall in Janauer, 1995; Janauer, 1993, cit. po Pall in Janauer, 1995) (preglednica 1).

Preglednica 1: Pet stopenjska lestvica za oceno zastopanosti vrste in povezanost masnega indeksa ter dejanske biomase (povzeto po Pall in Janauer, 1995)

Ocena zastopanosti vrste	Masni indeks (MI)	Dejanska biomasa (PM)
Posamična	1	1
Redka	2	8
Pogosta	3	27
Množična	4	64
Prevladujoča	5	125

Za računanje kvantitativne pomembnosti določene vrste v odseku, smo uporabili relativno rastlinsko maso (RPM) (Pall in Janauer, 1995).

$$RPM_x[\%] = \frac{\sum_{i=1}^n (PM_{xi} \cdot L_i) \cdot 100}{\sum_{j=i}^k \left(\sum_{i=1}^n (PM_{ji} \cdot L_i) \right)} \quad \dots(1)$$

RPM_x = relativna rastlinska masa vrste x

PM_{xi} = rastlinska masa vrste x v odseku i

L_i = dolžina odseka i

x = posamezna vrsta

i = posamezen odsek

j = posamezna vrsta

Rastlinske vrste so lahko razporejene relativno homogeno ali pa nezvezno, gručasto. Bolj natančno razlago o razporeditvi vrst nam daje povprečni masni indeks (MMI). Indeks prikazuje pomembnost vrste z dveh vidikov, in sicer kot povprečni masni indeks vrste v vseh odsekih jezerskega litorala (MMT) in kot povprečni masni indeks vrste v vseh odsekih, kjer se je vrsta pojavljala (MMO).

$$MMT = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^n MI_i^3 \cdot AL_i}{GL}} \quad \dots(2)$$

$$MMO = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^n MI_i^3 \cdot AL_i}{\sum_{i=x}^n AL_i}} \quad \dots(3)$$

MI_i = masni indeks vrste v odseku i

AL_i = dolžina odseka i , v katerem je bila vrsta prisotna

GL = skupna dolžina vseh odsekov

Velik MMT pomeni, da je določena vrsta številčna in prisotna na večji dolžini litorala. Višji kot je MMO glede na MMT, bolj se kaže drugi vzorec razporeditve in višja je povprečna masa vrste na delih litorala, kjer se pojavlja. Večja kot je razlika med obema indeksoma, manjši je delež dolžine litorala, na katerem se vrsta pojavlja.

Vrednost d podaja razmerje med obema masnima indeksoma in nam pove delež dolžine jezerskega litorala, kjer je bila vrsta prisotna.

$$d = \frac{MMT^3}{MMO^3} \quad \dots(4)$$

4.2.2 Habitatne značilnosti litorala Slivniškega jezera

Pojavljanje določenega stanja posameznega okoljskega dejavnika, ki se nanaša neposredno na litoral jezera (tip sedimenta, naklon dna, prisotnost makroalg, kalnost vode in osončenost), je prikazano v deležih glede na celoten litoral. Upoštevali smo tudi dolžine posameznih odsekov, tako da so deleži predstavljeni glede na dejansko dolžino posameznih odsekov, kjer se določeno stanje parametra pojavlja.

Šest dejavnikov širše okoljske ocene (utrditiv brega, strmina brega nad vodo, obrežni pas, širina obrežnega pasu, sklenjenost z lesnatimi ali močvirskimi rastlinami poraslega obrežnega pasu ter izrabo tal v zaledju) smo razdelili na štiri kategorije in posamezno kategorijo oštevilčili (priloga C). Vrednostim od 1 do 4 smo priredili barvno lestvico pri čemer je 1 pomenilo najbolj »naravno« stanje (bela barva), 4 pa najbolj antropogeno spremenjeno (črna barva). Za vmesni vrednosti smo uporabili različna odtenka sive barve. Na terenu zbrane podatke smo vnesli v MS Excelovo tabelo, iz preglednice, izdelane v MS Wordu (slika 16 in 17), pa je preko barvne lestvice razvidno, kako smo ovrednotili vseh šest dejavnikov na posameznih odsekih.

4.2.3 Kanonična korespondenčna analiza – CCA

S kanonično korespondenčno analizo smo preverjali povezavo med okoljskimi spremenljivkami in pojavljanjem ter razporeditvijo vrst. Pri kanonični korespondenčni analizi se predpostavlja, da prisotnost in številčnost vrst vzdolž okoljskega gradienta sledi Shelfordovem zakonu tolerance, ki pravi, da vsaka vrsta najbolje uspeva pri določeni vrednosti spremenljivke, kjer je optimum te vrste. Če vrednosti od optimuma, značilnega za vrsto, preveč odstopajo, vrsta ne preživi (Odum, 1971).

Rezultati CCA so predstavljeni z ordinacijskimi diagrami, kjer je velikost vpliva določenega dejavnika ponazorjena z dolžino vektorja. Določen dejavnik najbolj vpliva na tiste taksone, ki se nahajajo vzdolž vektorja, ki ta dejavnik ponazarja. Metoda predvideva,

da prisotnost taksonov vzdolž nekega okoljskega dejavnika sledi zakonom tolerančnosti in tako taksoni najbolje uspevajo pri določeni optimalni vrednosti spremenljivke.

Za analizo smo uporabili program CANOCO 4.5 (Software for Canonical Community Ordination, verzija 4.5) (Ter Braak in Verdonschot, 1995).

5 REZULTATI

5.1 POJAVLJANJE IN RAZPOREDITEV MAKROFITOV V LITORALU SLIVNIŠKEGA JEZERA

5.1.1 Vrstna sestava makrofitov

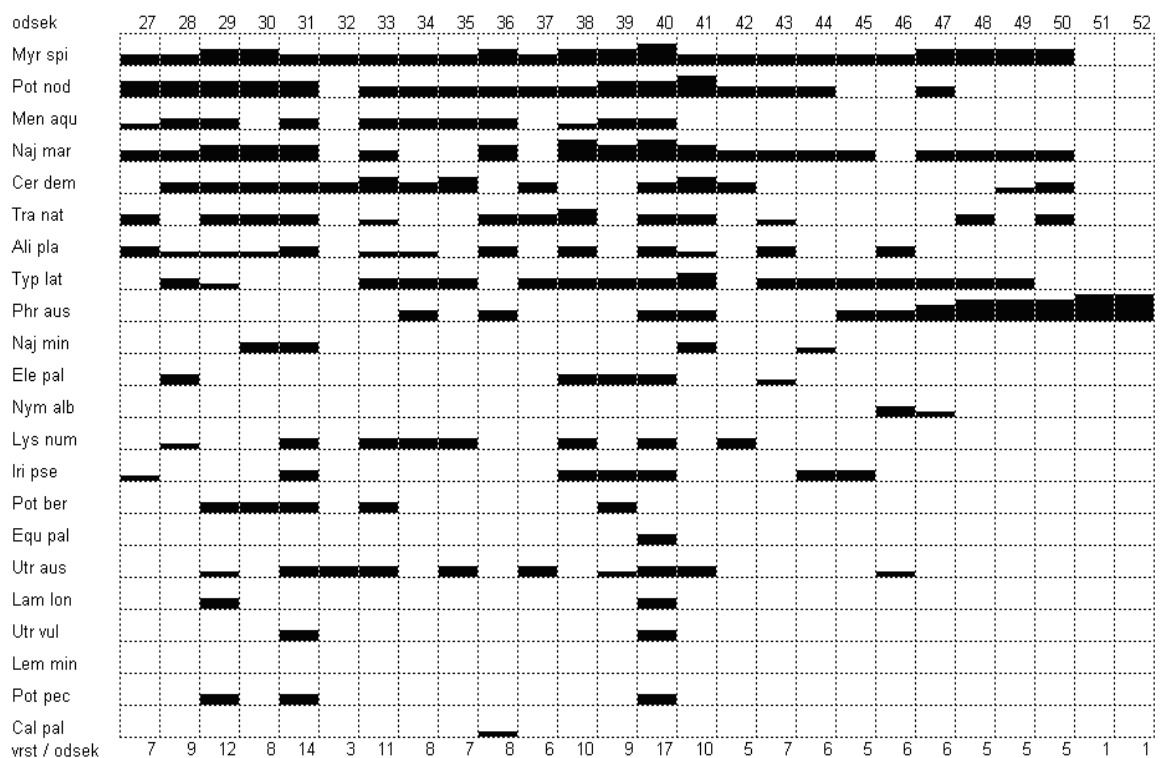
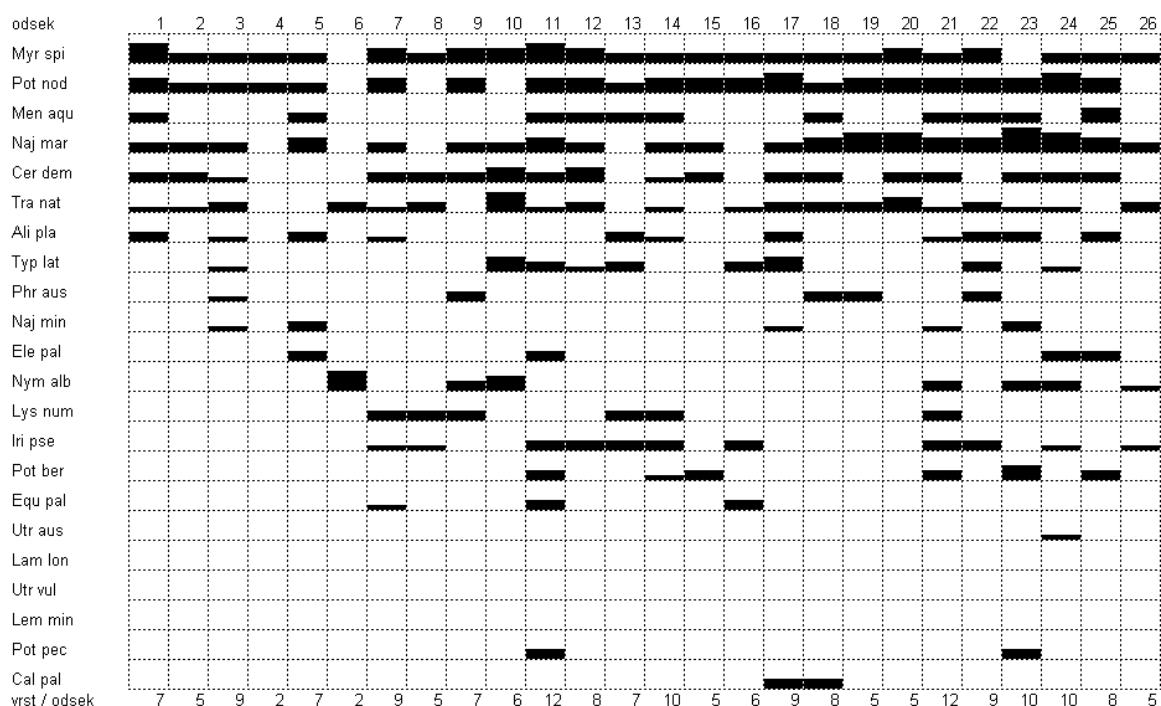
V Slivniškem jezeru smo od avgusta do začetka oktobra 2009 našli 22 vrst makrofitov (preglednica 2).

Preglednica 2: Seznam v Slivniškem jezeru najdenih makrofitov

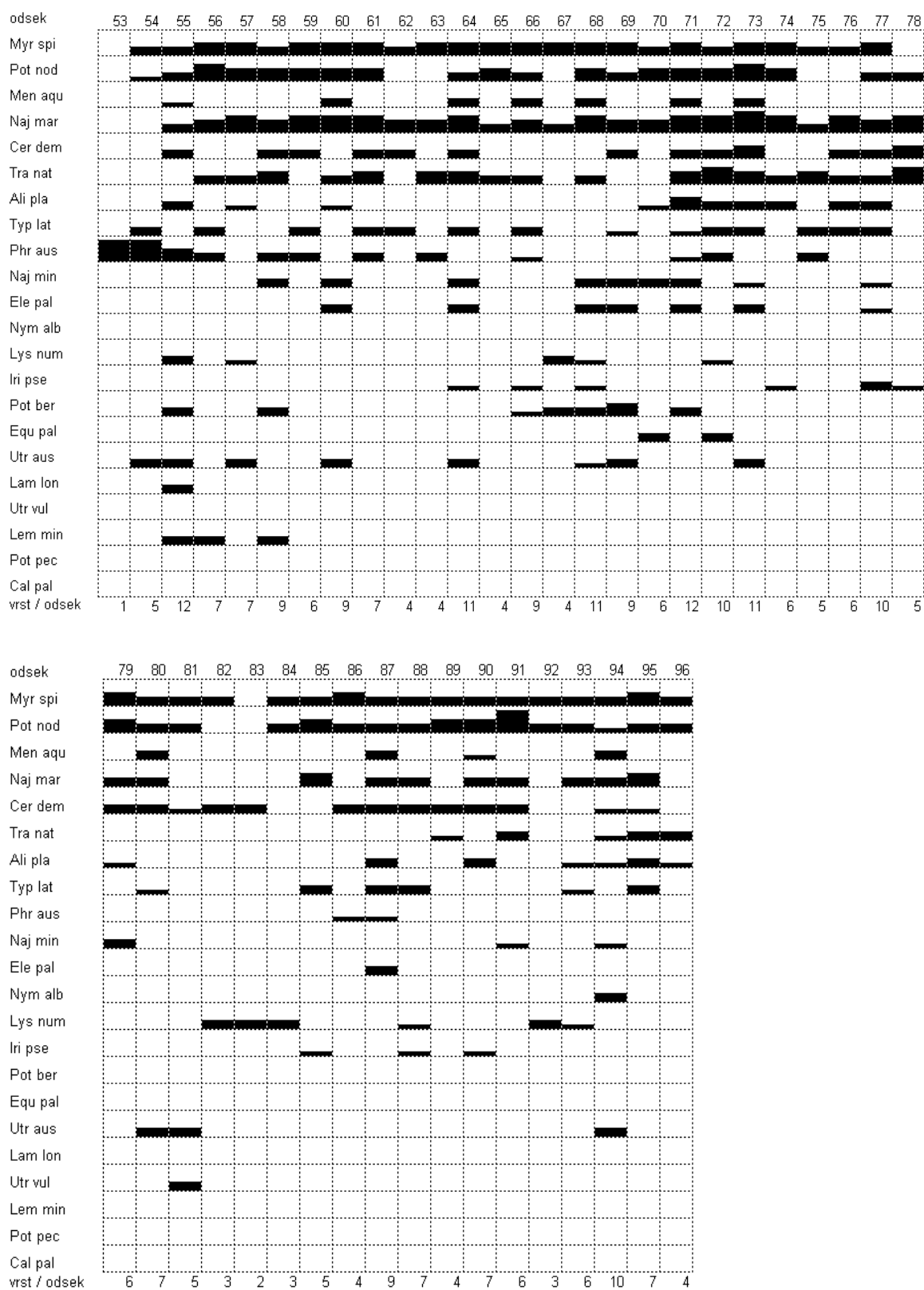
Latinsko ime	Slovensko ime	Okrajšava	Rastna oblika
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	trpotčasti porečnik	Ali p-a	he
<i>Caltha palustris</i> L.	navadna kalužnica	Cal pal	he
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	navadni rogolist	Cer dem	sp
<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem et Schult	Močvirska sita	Ele pal	he
<i>Equisetum palustre</i> L.	močvirska preslica	Equ pal	he
<i>Iris pseudacorus</i> L.	vodna perunika	Iri pse	he
<i>Lamprothamnium longifolium</i>		Lam lon	sa
<i>Lemna minor</i> L.	mala vodna leča	Lem min	ap
<i>Lysimachia nummularia</i> L.	okroglostna pijavčnica	Lys num	he
<i>Mentha aquatica</i> L.	vodna meta	Men aqu	he
<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	klasasti rmanec	Myr spi	sa
<i>Najas marina</i> L.	velika podvodnica	Naj mar	sa
<i>Najas minor</i> All.	mala podvodnica	Naj min	sa
<i>Nymphaea alba</i> L.	beli lokvanj	Nym alb	fl
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin ex Steud.	navadni trst	Phr aus	he
<i>Potamogeton berchtoldii</i> Fieber.	berchtoldov dristavec	Pot ber	sa
<i>Potamogeton nodosus</i> Poir.	kolenčasti dristavec	Pot nod	fl
<i>Potamogeton pectinatus</i> L.	češljasti dristavec	Pot pec	sa
<i>Trapa natans</i> L.	vodni orešček	Tra nat	fl
<i>Typha latifolia</i> L.	širokolistni rogoz	Typ lat	he
<i>Utricularia australis</i> R. Br.	južna mešinka	Utr aus	sa
<i>Utricularia vulgaris</i> L.	navadna mešinka	Utr aus	sa

he - helofiti, sp - potopljeni, neukoreninjeni makrofiti, sa - potopljeni, ukoreninjeni makrofiti, ap - plavajoči neukoreninjeni makrofiti, fl - plavajoči, ukoreninjeni makrofiti, am – amfibijske vrste

5.1.2 Prisotnost in pogostost makrofitov na posameznih odsekih

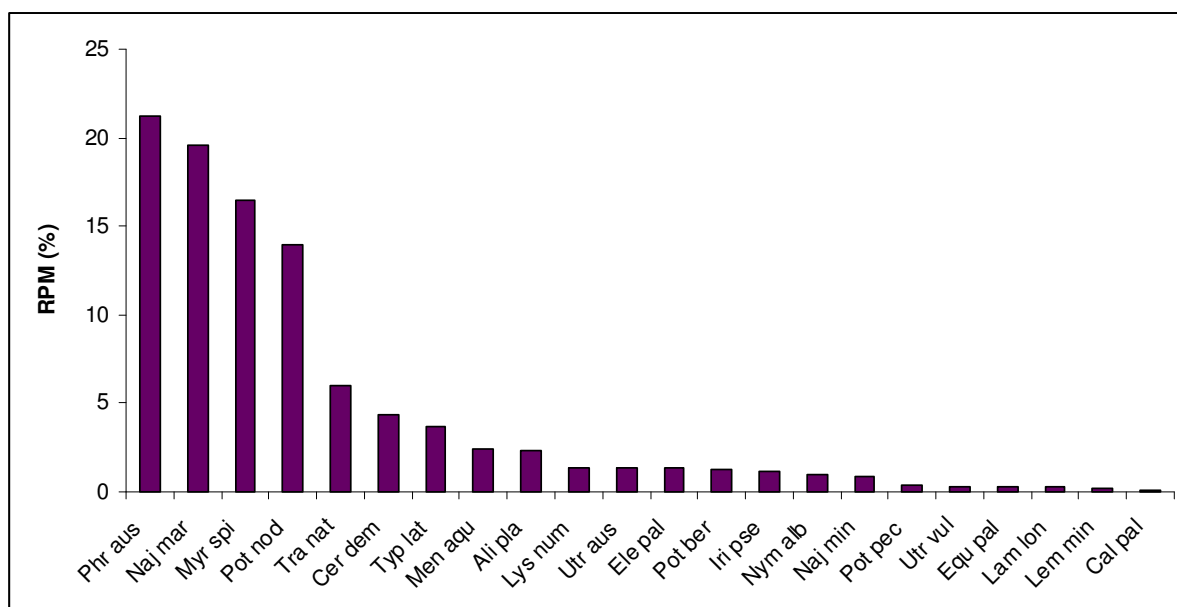


Slika 5: Razporeditev in pogostost makrofitov v Slivniškem jezeru od 1. do 52. odseka



Slika 6: Razporeditev in pogostost makrofitov v Slivniškem jezeru od 53. do 96. odseka

Na celotnem litoralu Slivniškega jezera smo popisali 22 vrst makrofitov (preglednica 2). Na večini odsekov smo našli veliko število vrst makrofitov. Malo različnih vrst smo našli na odsekih kjer breg nad vodo strmo pada in kjer je naklon dna velik (odseki 2, 4, 6, 82, 83,84). Na odsekih 51, 52 in 53 smo našli le eno vrsto z veliko abudanco (*Phragmites australis*). Največjo abudanco na večini odsekov so imele vrste *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton nodosus* in *Najas marina* (sliki 5 in 6).

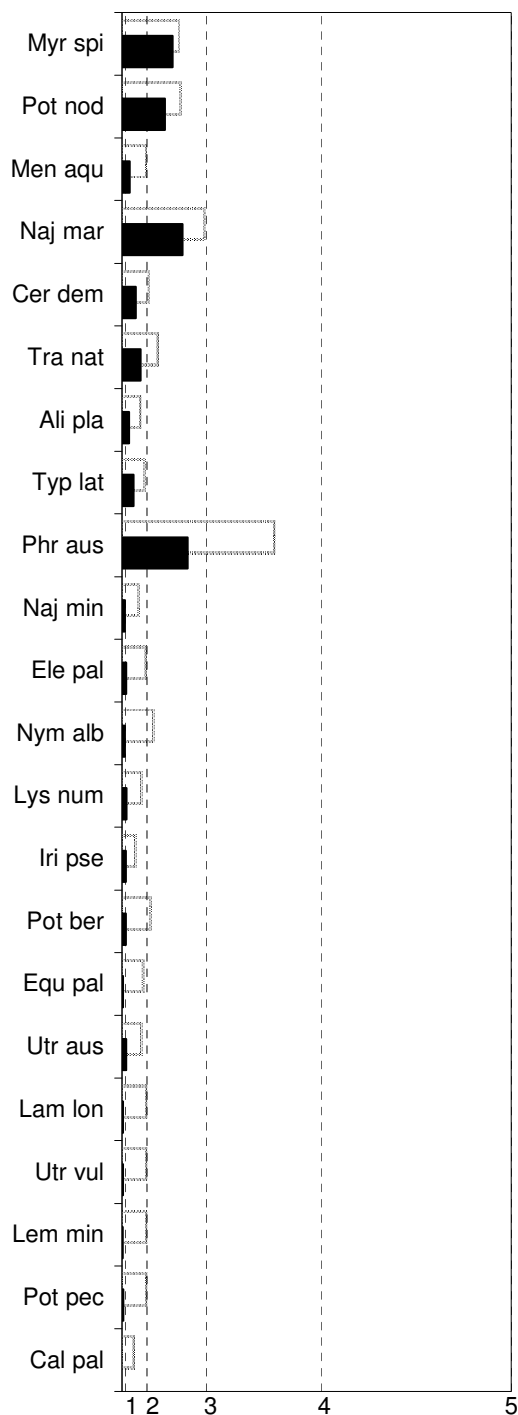


Slika 7: Relativna rastlinska biomasa makrofitov v Slivniške jezera

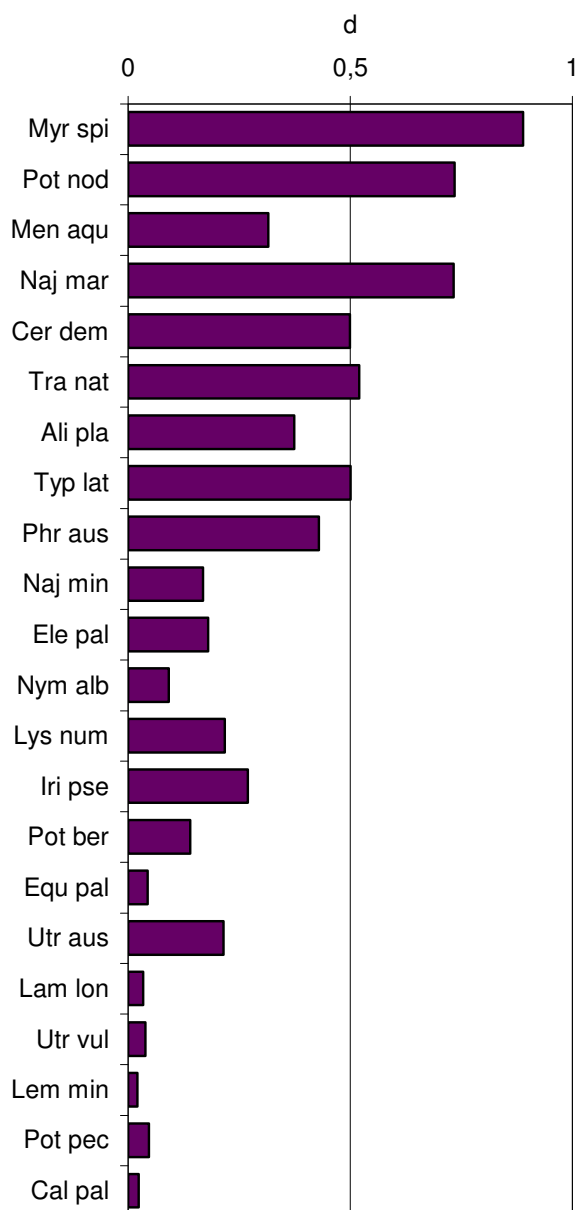
Največjo relativno rastlinsko biomaso (RPM) je dosegla vrsta *Phragmites australis*, najmanjšo pa vrsta *Caltha palustris*. Veliko RPM so dosegle tudi vrste *Najas marina*, *Myriophyllum spicatum* in *Potamogeton nodosus* (slika 7).

Največji povprečni masni indeks (MMO in MMT) je dosegla vrsta *Phragmites australis* (slika 8). Pri tej vrsti smo ugotovili veliko razliko med MMT in MMO, kar kaže na gručasto razporeditev te vrste in veliko povprečno maso vrste v tistih odsekih, kjer je bila prisotna. Glede na razliko med MMO in MMT smo izrazito gručasto razporeditev opazili tudi pri vrsti *Nymphaea alba*. Veliko MMT smo opazili pri vrstah *Najas marina*, *Myriophyllum spicatum* in *Potamogeton nodosus*, vendar ni bilo tako očitne razlike med

MMT in MMO, kar kaže na bolj homogeno razporeditev omenjenih vrst po celotnem litoralu jezera, še posebej za vrsto *Myriophyllum spicatum* (slika 8).



Slika 8: Povprečni masni indeks za posamezne vrste makrofitov v Slivniškem jezeru (črna barva – MMT, bela barva – MMO)

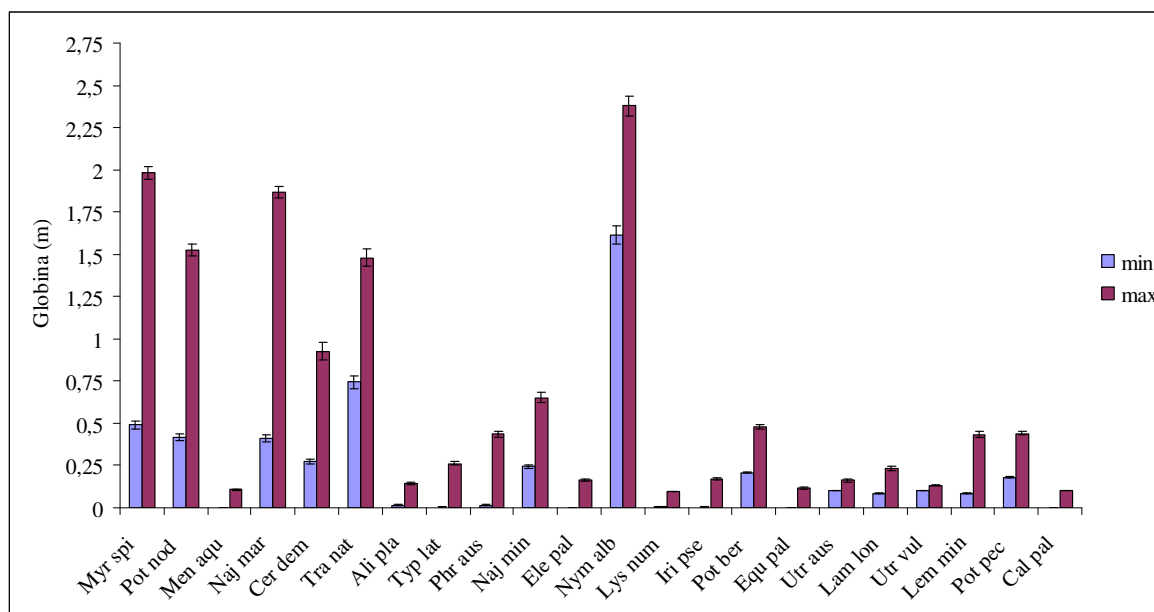


Slika 9: Razmerje povprečnih masnih indeksov (MMT in MMO) posameznih makrofitov v Slivniškem jezeru

Na največjem deležu litorala se pojavlja vrsta *Myriophyllum spicatum* ($d = 0,89$), sledita pa ji vrsti *Potamogeton nodosus* ($d = 0,74$) in *Najas marina* ($0,73$) (slika 9). Na približno 50 % dolžine litorala najdemo tudi vrste *Ceratophyllum demersum*, *Trapa natans* in *Typha latifolia*. Vrste *Lamprothamnium longifolium*, *Lemna minor* in *Calta palustris* imajo najnižje vrednosti d , kar pomeni, da smo jih našli na najmanjšem deležu dolžine litorala.

5.1.3 Povprečne globine uspevanja makrofitov

Na sliki 10 so prikazane povprečne najmanjše in povprečne največje globine uspevanja za vsako posamezno vrsto, ki smo jo našli v jezeru.

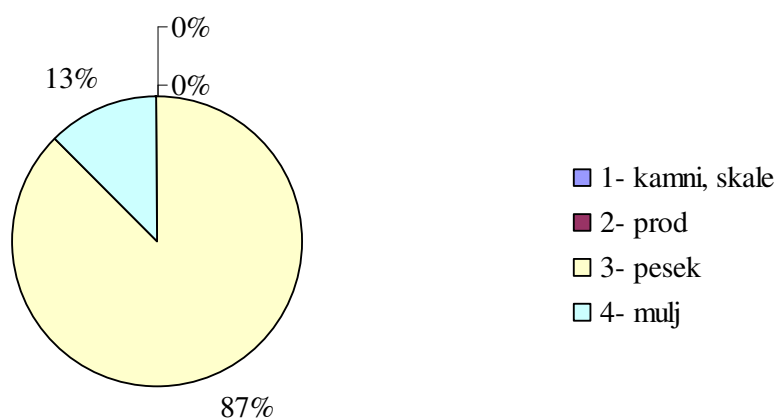


Slika 10: Povprečne minimalne in maksimalne globine uspevanja posameznih vrst makrofitov v litoralu Slivniškega jezera

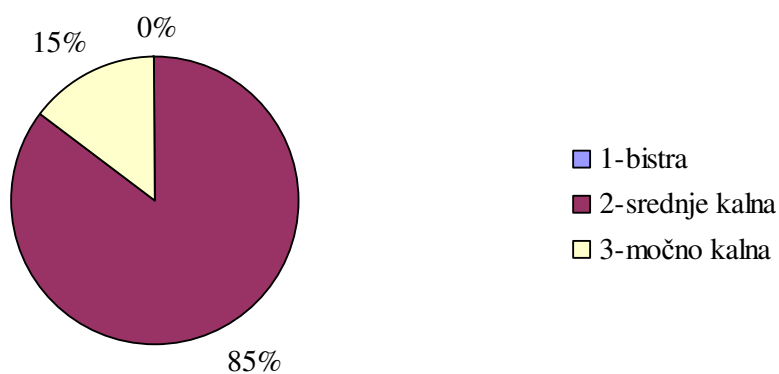
Največjo povprečno maksimalno globino uspevanja je dosegla vrsta *Nymphaea alba* (2,4 m), ki ima hkrati tudi največjo povprečno minimalno globino uspevanja (1,6 m). Zelo širok razpon globine uspevanja imajo vrste *Myriophyllum spicatum* (pov. min. globina 0,5 m, pov. max. globina 1,9 m), *Najas marina* (pov. min. globina 0,4 m, pov. max globina 1,9 m) in *Potamogeton nodosus* (pov. min. globina 0,4 m, pov. max. globina 1,5 m). Helofiti uspevajo povprečno največ do globine 0,5 m (*Phragmites australis*). Manjše ukoreninjene, potopljene vrste makrofitov, kot sta vrsti *Potamogeton berchtoldii* in *P. pectinatus*, povprečno uspevata od globine 0,2 m do 0,4 m, vrsta *Najas minor* pa še globlje (do 0,6 m). Potopljeni, neukoreninjeni vrsti *Utricularia australis* in *U. vulgaris* v Slivniškem jezeru uspevata do povprečne globine 0,2 m.

5.2 OKOLJSKA OCENA LITORALA IN ZALEDJA SLIVNIŠKEGA JEZERA

Na posameznih odsekih smo ocenjevali okoljske dejavnike, ki so neposredno vezani na litoral jezera. Rezultate smo predstavili s tortnimi diagrami, iz katerih je razvidno kolikšen delež celotnega litorala zavzema določeno stanje posameznega okoljskega dejavnika.



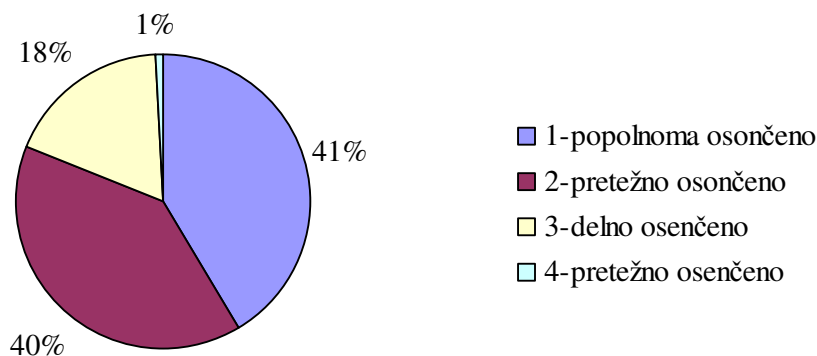
Slika 11: Tip sedimenta litorala Slivniškega jezera



Slika 12: Kalnost vode v Slivniškem jezeru

Prevladujoča vrsta substrata v Slivniškem jezeru je pesek, saj je prisoten na 87 % dolžine litorala. Mulj je prisoten predvsem na vzhodnem delu jezera (13 %), kjer je jezero zelo plitko, dno pa položno (slika 11). Skale in kamni so se pojavljali le posamezno na nekaj mestih, prav tako prod, vendar nikjer ni bil prevladujoč tip substrata.

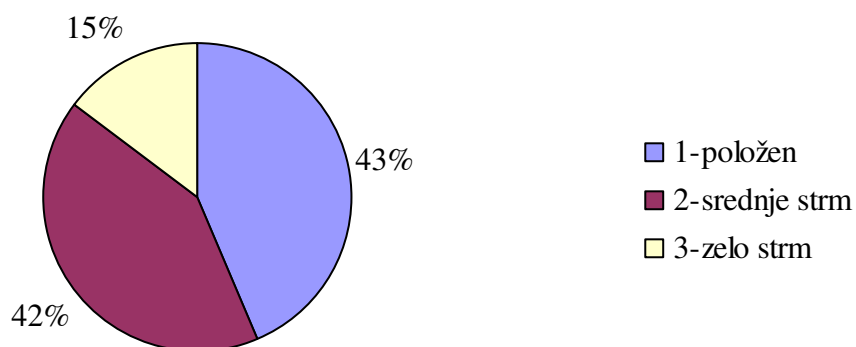
Jezerska voda je bila na približno 85 % jezera srednje kalna, na 15 % pa močno kalna (slika 12).



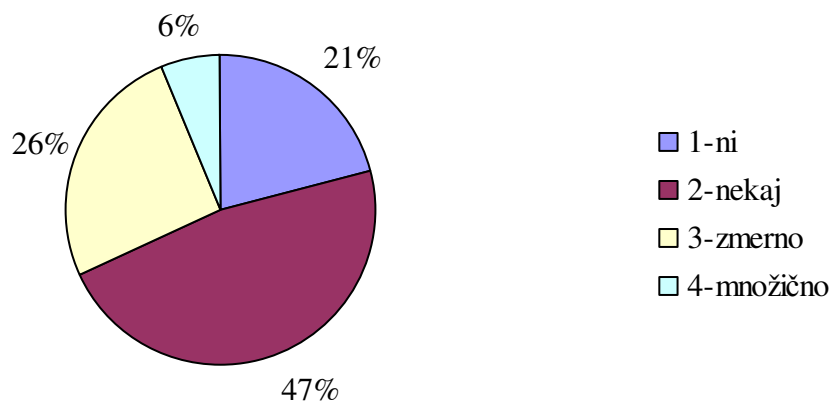
Slika 13: Osončenost litorala Slivniškega jezera

Večina litorala Slivniškega jezera je popolnoma ali pretežno osončenega (slika 13). Predeli, ki so delno osončeni, se nahajajo predvsem na zahodnem delu jezera, kjer je breg nad gladino vode zelo strm in poraščen z gozdom, samo jezero pa je na tem delu zelo ozko, zaključni pa se s pregrado. Le na dveh mestih (1 % dolžine celotnega litorala) je litoral popolnoma osončen. Gre za predel, kjer jezero sega v gozd.

Dno jezera (litoral) je na 43 % dolžine položno, na 42 % pa srednje strmo. Predvsem je položen vzhodni del, kjer se v jezero zlivata oba pritoka. Na tem področju se širi tudi močvirje, poraslo s trstičjem in pionirskimi lesnatimi vrstami. Na zelo ozkem zahodnem delu jezera se tudi dno precej strmo spušča. Strmo dno zavzema okrog 15 % dolžine celotnega litorala (slika 14).



Slika 14: Naklon dna Slivniškega jezera



Slika 15: Prisotnost makroskopskih alg v Slivniškem jezeru

Makroskopske alge se leta 2009 na Slivniškem jezeru niso množično pojavljale. Na skoraj 70 % litorala jih ni bilo opaziti, oziroma smo jih opazili nekaj. Le na 6 % litorala so se pojavljale množično (slika 15).

Kolikšen delež dolžine litorala Slivniškega jezera predstavlja posamezno stanje določenega dejavnika širše okoljske ocene je predstavljeno v preglednici 3. Na slikah 16 in 17 je z barvno lestvico predstavljeno, katero stanje dejavnika je prisotno na posameznih odsekih litorala.

Preglednica 3: Delež litorala, ki ga predstavlja posamezno stanje določenega dejavnika širše okoljske ocene Slivniškega jezera

DEJAVNIK	OCENA (% od celotne dolžine litorala)			
	1	2	3	4
Utrditev brega	99,0	0,3	0,7	0
Strmina brega nad vodo	42,5	36,9	19	1,6
Vegetacija obrežnega pasu	40,8	33,2	24,8	1,2
Širina obrežnega pasu	36,9	28,6	12,3	22,2
Sklenjenost obrežnega pasu	49,9	15,4	12,5	22,2
Izraba tal v zaledju	53,3	31,5	15,2	0

Razlage ocen (1, 2, 3 in 4) za posamezen dejavnik so prikazane v prilogi C

Breg Slivniškega jezera na 99 % dolžine ni umetno utrjen (1). S kamni (2) je utrjen le na sami pregradi, na dveh mestih (0,3 %) pa je breg utrjen z lesom (3), kar skupaj predstavlja le 72,7 m od celotne dolžine obale jezera, ki znaša okrog 7265 m. Utrditve brega z betonom (4) na Slivniškem jezeru ni (preglednica 3).

Breg nad vodno gladino je v našem primeru lahko bil položen (1), srednje strm (2), zelo strm (3) ali pravokoten, oziroma utrjen (4). Breg Slivniškega jezera je v glavnem položen (42,5 %) ali srednje strm (36,9 %), kar znaša skupaj 5769 m celotne dolžine obale jezera. Zelo strm breg je na najožjem delu jezera, kjer je pregrada in predstavlja 1380 m (19 %) celotne obale jezera. Pravokoten oziroma utrjen breg je le na 1,6 % (116 m) celotne obale jezera.

Vegetacijo obrežnega pasu na Slivniškem jezeru sestavljajo gozd ali močvirska vegetacija (1), pionirske lesnate vrste (2), zelnate rastline (3) ali pa obrežne vegetacije sploh ni (4).

Na 40,8 %, kar znaša približno 2964 m obale jezera, je obrežni pas porasel z gozdom ali močvirskimi rastlinami. 33,2 % (2412 m) obrežnega pasu je poraščenega s pionirskimi lesnatimi vrstami, zelnate rastline pa poraščajo 24, 8 % celotne dolžine obrežnega pasu, kar znaša približno 1800 m. Obrežni pas je gol, neporaščen na 1,2 % (87 m) celotne dolžine.

Močviren ali z lesnatimi rastlinami poraščen obrežni pas je lahko bil širok več kot 30 m (1), od 5 do 30 m (2), od 1 do 5 m (3), ali pa lesnih ali močvirskih rastlin v obrežnem pasu ni bilo (4). Več kot 50 m širok z lesnatimi ali močvirskimi rastlinami porasel obrežni pas se razprostira na 36, 9 % (2681 m) dolžine obale jezera. Na 28,6 % (2077 m) je z lesnatimi ali močvirskimi rastlinami poraščen obrežni pas širok od 5 do 30 m, na 12,3 % (894 m) pa od 1 do 5 m. Na 22, 2 % (1612 m) dolžine obale obrežni pas ni bil poraščen z lesnatimi ali močvirskimi rastlinami.

Lesnata ali močvirska vegetacija obrežnega pasu je v našem primeru lahko bila sklenjena, brez prekinitev (1), lahko je bila motena s prekinitvami vsakih 50m (2), lahko je bila pogosto motena s prekinitvami po vsej dolžini brega (3), ali pa lesnatih in močvirskih rastlin na obrežju ni bilo (4). Na 49,9 % (3625 m) dolžine celotnega obrežnega pasu močvirska ali lesna vegetacija ni bila motena s prekinitvami. Prekinitve na približno vsake 50 m so se pojavljale na 15,4 % (1119 m) dolžine obrežnega pasu, na 12,5 % (908 m) pa je bil pas močvirskih ali lesnatih rastlin močno moten s prekinitvami po celotni dolžini.

Zaledje smo ocenjevali glede na rabo zemljišča za obrežnim pasom. Zaledje je v našem primeru lahko bilo poraslo z gozdom ali močvirsko vegetacijo (1), lahko je šlo za mozaik košenih travnikov / pašnikov z malo obdelovalnimi površinami (2), lahko so prevladovale obdelovalne površine in posamezne hiše (3) ali pa je šlo za strnjeno urbano območje s hišami in tovarnami (4). 53, 3 % zaledja Slivniškega jezera je poraslega z gozdom ali močvirji. Na 31,5 % se razprostirajo mozaiki košenih travnikov/pašnikov z malo obdelovalnimi površinami, 15,2 % pa je kmetijskih površin, kjer prevladujejo obdelovalne površine s posameznimi hišami. Strnjenegega urbanega območja s tovarnami v zaledju ni.

Odsek	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Utrditev brega	■													
Strmina brega nad vodo	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■
Vegetacija obrežnega pasu	■							■	■	■	■	■	■	■
Širina obrežnega pasu	■						■	■	■	■	■	■	■	■
Sklenjenost obrežnega pasu	■						■	■			■	■	■	
Izraba tal v zaledju	■													

Odsek	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Utrditev brega		■												
Strmina brega nad vodo		■					■	■	■	■	■	■	■	■
Vegetacija obrežnega pasu	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■
Širina obrežnega pasu	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■
Sklenjenost obrežnega pasu	■	■						■	■	■	■	■	■	■
Izraba tal v zaledju	■	■												

Odsek	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
Utrditev brega														
Strmina brega nad vodo								■	■	■	■	■	■	■
Vegetacija obrežnega pasu	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Širina obrežnega pasu	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Sklenjenost obrežnega pasu	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Izraba tal v zaledju								■	■	■	■	■	■	■

Odsek	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
Utrditev brega														
Strmina brega nad vodo	■	■	■	■				■						
Vegetacija obrežnega pasu		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Širina obrežnega pasu		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Sklenjenost obrežnega pasu	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Izraba tal v zaledju					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Odsek	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
Utrditev brega		■												
Strmina brega nad vodo									■	■	■	■	■	■
Vegetacija obrežnega pasu	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Širina obrežnega pasu	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Sklenjenost obrežnega pasu	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Izraba tal v zaledju	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Slika 16: Lastnosti širše okolice Slivniškega jezera od odseka 1 do odseka 70

Odsek	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
Utrditev brega														
Strmina brega nad vodo								■	■	■	■	■	■	■
Vegetacija obrežnega pasu	■		■	■	■	■	■	■	■					
Širina obrežnega pasu	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Sklenjenost obrežnega pasu	■		■	■		■	■	■	■					
Izraba tal v zaledju	■	■	■	■	■	■	■	■	■					

Odsek	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
Utrditev brega												
Strmina brega nad vodo	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■
Vegetacija obrežnega pasu	■		■									
Širina obrežnega pasu	■	■	■									
Sklenjenost obrežnega pasu	■		■	■								
Izraba tal v zaledju		■	■									

Slika 17: Lastnosti širše okolice Slivniškega jezera od odseka 71 do odseka 96

Neokrnjeno stanje
 Dobro stanje
 Slabo stanje
 Močno spremenjeno



5.3 VPLIV OKOLJSKIH DEJAVNIKOV NA RAZPOREDITEV MAKROFITOV

S CCA metodo smo ugotavljali, kateri okoljski dejavniki pojasnjujejo razporeditev makrofitov na posameznik odsekih litorala. Z metodo izbiranja smo iz analize izločili dva okoljska dejavnika (utrđitev brega in širino z lesnatimi ali močvirskimi rastlinami poraslega obrežnega pasu), saj njun vpliv na razporeditev makrofitov ni bil statistično značilen. Parametri, ki smo jih uporabili za analizo so: osončenost (Eksp), naklon dna (D_nak), tip sedimenta (Sed), naklon brega nad vodo (Br_nak), prisotnost makroalg (Alge), vegetacija obrežnega pasu (Op_veg), sklenjenost z lesnatimi ali močvirskimi rastlinami poraslega obrežnega pasu (Op_skl), izraba tal v zaledju (Raba) in kalnost vode (Pro).

Preglednica 4: Izbrani dejavniki okolja in statistična značilnost (P)

Dejavniki okolja	P
Sediment	0,002
Sklenjenost obrežnega pasu	0,004
Osončenost	0,004
Izraba tal v zaledju	0,010
Prisotnost makroalg	0,026
Kalnost vode	0,028
Strmina brega nad vodo	0,004
Naklon dna	0,014
Vegetacija obrežnega pasu	0,014
Širina obrežnega pasu	0,724
Utrditev brega	0,860

V preglednici 4 so prikazane lastne vrednosti za 4 kanonične osi, korelacijski koeficient (taksoni - okolje), kumulativni pojasnjeni odstotek varianc in kumulativni pojasnjen odstotek varianc za relacijo takson - okolje. Največjo lastno vrednost, in s tem najmočnejšo smer gradienta, ima prva os (0,153). S prvo kanonično osjo smo pojasnili 7,8 % variance, z dvema 10,9 %, s tremi 13,7 %, z vsemi štirimi pa smo pojasnili 15,7 % celotne variance. Skupno smo z vsemi osmi pojasnili 76,5 % variance relacije takson - okolje (s prvo osjo 37,8 %, z drugo 15,2 %, s tretjo 13,8 % in s četrto 9,7 %).

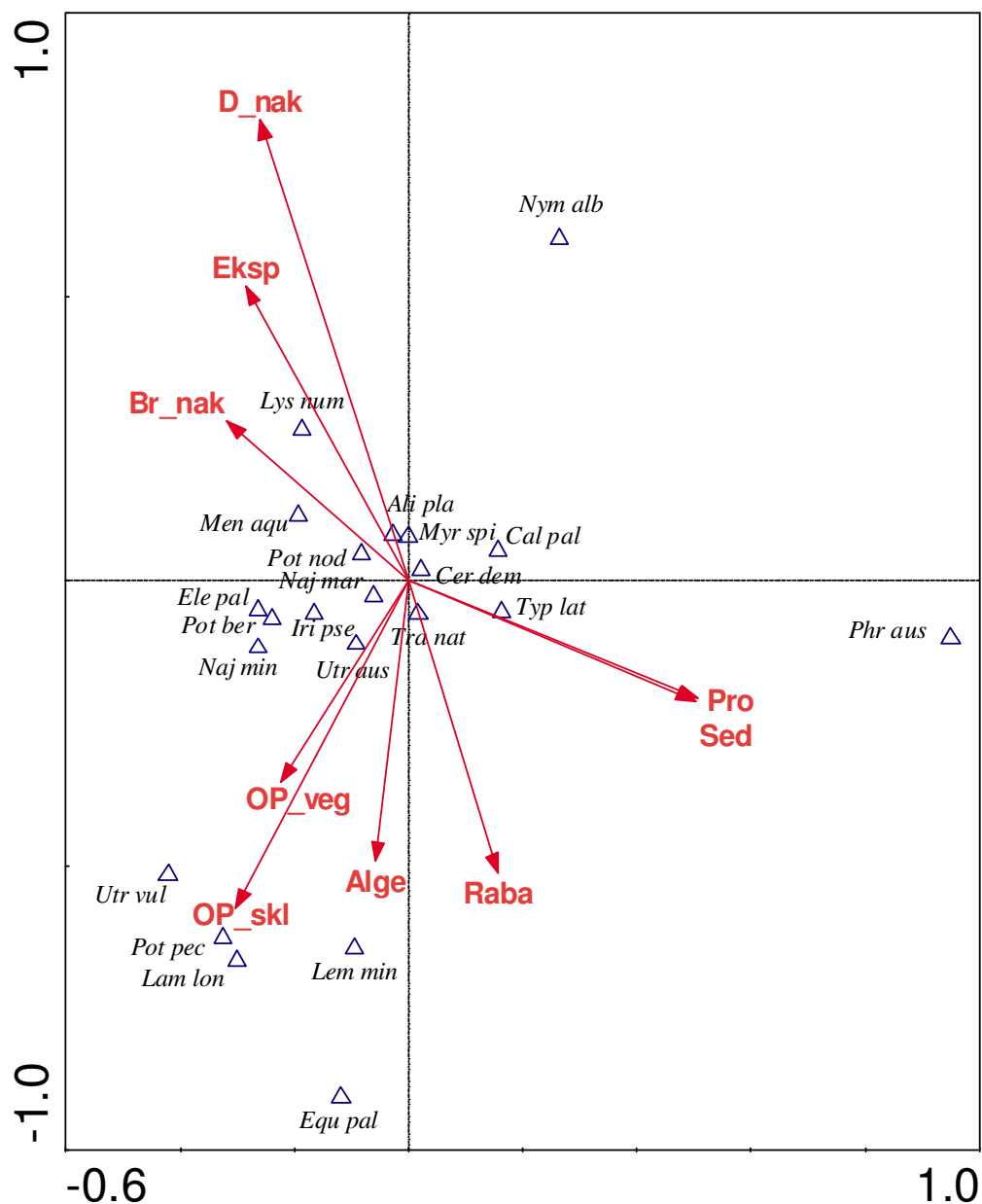
Preglednica 5: Lastne vrednosti, kumulativni pojasnjeni odstotki varianc in korelacijski koeficienti za relacijo takson - okolje

KANONIČNA OS	1	2	3	4	Skupna variabilnost
Lastne vrednosti	0,153	0,062	0,056	0,039	1,974
Korelacijski koeficient taksoni – okoljske spremenljivke	0,698	0,639	0,689	0,587	
Kumulativni pojasnjeni odstotek variance	7,8	10,9	13,7	15,7	
Kumulativni pojasnjen odstotek variance relacije takson - okolje	37,8	53,0	66,8	76,5	

Točke, ki na ordinacijskem diagramu ponazarjajo taksone, prikazujejo optimum določene vrste glede na okoljske dejavnike v katerih se nahajajo. Dolžina vektorja predstavlja velikost vpliva spremenljivke (najdaljši vektor – največji vpliv). Ostri kot med vektorji, ki

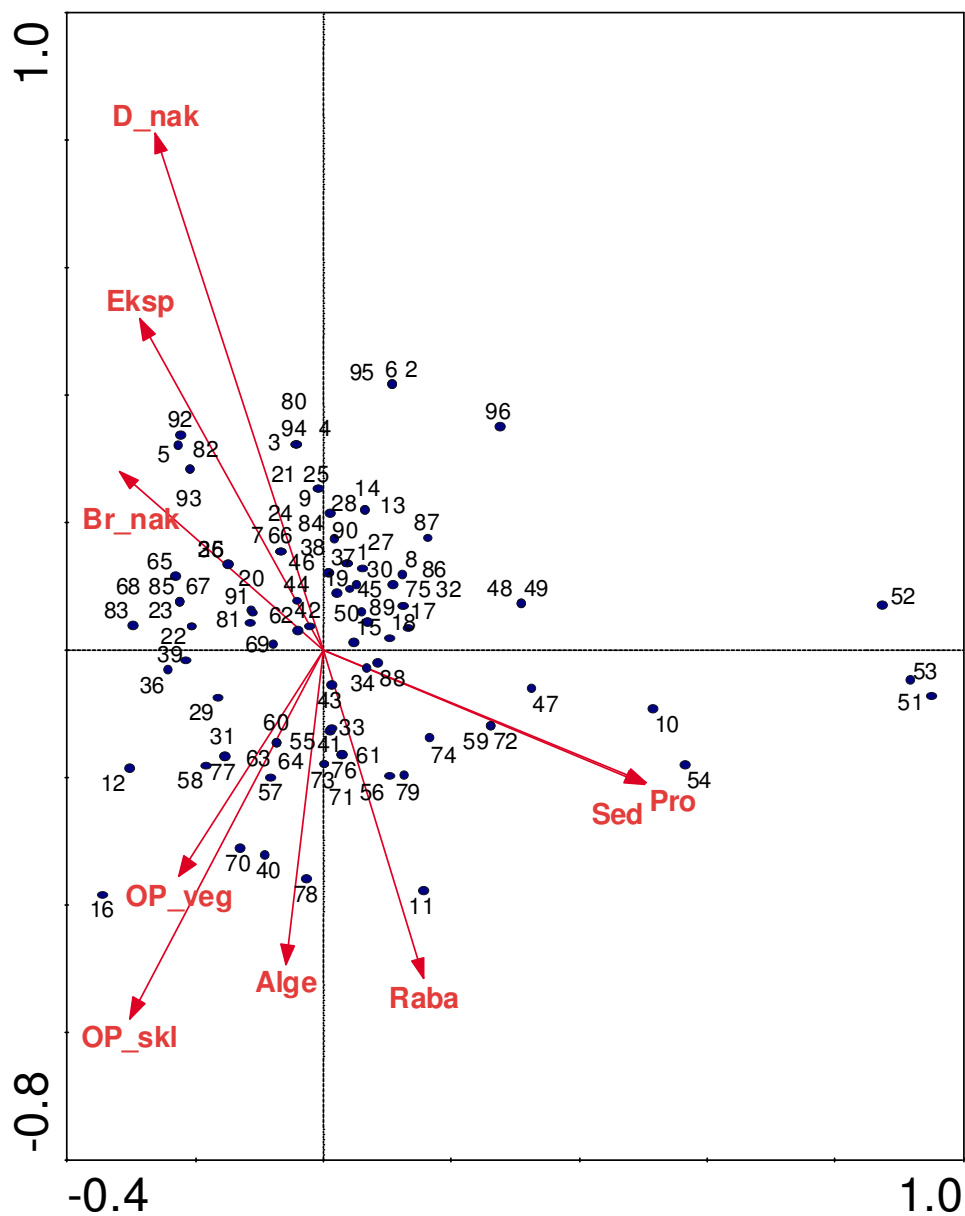
prikazujejo okoljske gradiente, pomeni, da je korelacija med okoljskimi spremenljivkami pozitivna, topi kot pa, da je korelacija negativna. Konec vektorja v večini primerov ponazarja najslabše stanje okoljskega dejavnika (ocena 4 ali 3), konec zrcalne slike vektorja čez središče diagrama pa nakazuje najboljše stanje okoljskega dejavnika (ocena 1). Za vrste, ki se nahajajo v središču diagrama, lahko rečemo, da imajo nanje vsi okoljski dejavniki zmeren vpliv.

Ordinacijski diagram na sliki 18 prikazuje, v kolikšni meri kateri izmed izbranih dejavnikov okolja vpliva na pojavljanje in razporeditev taksonov v Slivniškem jezeru. Okoljski dejavniki z največjim vplivom na pojavljanje makrofitov so naklon dna (D_nak), sklenjenost z lesnatimi ali močvirskimi rastlinami poraslega obrežnega pasu (Op_skl) in osončenost (Eksp). Najmanjši vpliv imata tip vegetacije obrežnega pasu (Op_veg) in strmina brega nad vodo (Br_nak). Taksoni, ki so na diagramu blizu skupaj, se pojavljajo na mestih s podobnimi oziroma enakimi okoljskimi razmerami. Na diagramu opazimo, da je veliko vrst razporejenih okrog središča, iz česar lahko sklepamo, da najboljše uspevajo pri srednjih vrednostih okoljskih parametrov, ali pa so tu evrivalentne. Vrste *Potamogeton pectinatus*, *Utricularia vulgaris* in *Lamprothamnium longifolium* bolje uspevajo na mestih, kjer je z lesnatimi ali močvirskimi rastlinami poraščen obrežni pas močno moten s prekinitvami, vrsta *Nymphaea alba* pa kjer je le ta sklenjen in brez prekinitvev. Vrsta *Lemna minor* se pogosteje pojavlja na mestih kjer se množično pojavljajo makroskopske alge.



Slika 18: CCA ordinacijski diagram z izbranimi dejavniki okolja in makrofitskimi taksoni Slivniškega jezera

Iz ordinacijskega diagrama na sliki 19 lahko razberemo dejavnike okolja in pojavljanje določenega stanja posameznih okoljskih dejavnikov v posameznih odsekih litorala Slivniškega jezera. Odseki, ki so na diagramu blizu, so si podobni po vrstni sestavi in značilnostih okolja.



Slika 19: CCA ordinacijski diagram z izbranimi dejavniki okolja in odseki litorala Slivniškega jezera

6 RAZPRAVA IN SKLEPI

6.1 RAZPRAVA

Makrofiti igrajo pomembno vlogo v zgradbi in delovanju vodnih ekosistemov. Kot primarni producenti so pomemben člen pri kroženju elementov in predstavljajo povezavo med sedimentom, vodo in včasih tudi atmosfero (Cronin in sod., 2006). Nudijo zavetje in ustvarjajo habitat za mnoge organizme, katerih stanje je odvisno od stanja makrofitske združbe (Gaberščik, 1997).

Vrstna sestava in abundanca makrofitov v vodnih telesih daje pomembne podatke o stanju vodnih ekosistemov in narekuje učinkovito upravljanje z njimi (Kuhar in sod., 2009). Poslabšanje fizikalnih značilnosti in eutrofikacija vodnih teles povzroča spremembe v razporeditvi makrofitov, zmanjšanje vrstne pestrosti makrofitov in povečanje števila bolj odpornih vrst makrofitov (Gaberščik, 1997).

6.1.1 Vrstna sestava in pogostost makrofitov Slivniškega jezera

V Slivniškem jezeru smo leta 2009 našli 22 vrst makrofitov. Devet vrst je pravih submerznih makrofitov, štiri vrste so natantne, devet vrst pa uvrščamo med emerzne makrofite (močvirske rastline).

Od emerznih vrst po biomasi prevladuje vrsta *Phragmites australis*, ki prerašča predvsem del vzhodnega dela jezera, ki nato prehaja v močvirje. Sestoji trstičja spadajo med najbolj produktivne sestoje nasploh in privzamejo velike količine hranil, še preden le ta pridejo v prosto vodo ali sediment (Wetzel, 2001). Na vzhodnem delu Slivniškega jezera je ta sestoj izrednega pomena, saj se nahaja neposredno za ribogojnico in močnim kmetijskim zaledjem. Na ta način se, vsaj za nekaj časa, zmanjša vnos hranil v jezersko vodo in sediment. Kljub temu pa le malo te biomase služi za hrano drugim organizmom, zato večina odmre in v končni fazi veliko prispeva k zalogi hranil v vodnem telesu (Gessner, 2000). Ostali emerzni makrofiti se v Slivniškem jezeru pojavljajo redkeje in so razporejeni

ob celotni obali jezera. Vrsto *Typha latifolia* na primer najdemo na območjih, ki niso preveč izpostavljena vetrovom (Hutchinson, 1975), zato smo to vrsto pogosto našli na mestih, kjer je obrežje zavarovano z lesnatimi vrstami, oziroma na mestih, kjer je strm breg. Pogostejše vrste emerznih makrofitov na Slivniškem jezeru so še *Mentha aquatica*, *Alisma plantago-aquatica* in *Eleocharis palustris*.

Vrsti *Najas marina* in *Myriophyllum spicatum* sta dosegli največjo relativno rastlinsko maso med submerznimi in natantnimi makrofiti. Obe vrsti sta se pojavljali enakomerno po celotnem litoralu Slivniškega jezera, saj smo jih našli v več kot 73 % odsekov. Vreš in Kaligarč (1999, cit. po Mazej in Germ, 2008) navajata, da je vrsta *N. marina* pri nas redka, najdena le na šestih lokacijah, npr: na Velenjskem jezeru, kjer je celo dominantna vrsta (Mazej in Germ, 2008). Za razliko od večine makrofitov, za vrsto *N. marina* čvrst in trden substrat ni primeren, uspešno pa se ukorenini v mehkem, nestabilnem substratu (Germ in sod., 2008). Mehko, ponekod muljasto dno Slivniškega jezera nudi ugodne razmere za uspevanje te vrste. Vrsta *M. spicatum* je kompetitivno zelo uspešna in v veliko jezerih tvori enovrstne sestoje (Mazej in Germ, 2008). Dobro uspeva v kalni vodi, ker ima nizko svetlobno kompenzacijsko točko in ima sposobnost izkoriščanja bikarbonata. Pogosto doseže veliko biomaso v vodah bogatih z nitrati in na mestih, kjer je sediment bogat z organskimi snovmi (Ali in Soltan, 2006). Omenjene razmere vladajo tudi v Slivniškem jezeru. Ob sobivanju obeh omenjenih vrst se navadno zgodi, da vrsta *M. spicatum* zelo hitro prevlada in izpodrine vrsto *N. marina* (Ali in Soltan, 2006). V Slivniškem jezeru do pojava izpodrivanja očitno (še) ni prišlo, saj sta obe vrsti najpogostejši in sobivata na večini odsekov. Po drugi strani pa Mazej in Germ (2008) poročata o tem, da je ravno vrsta *N. marina* v nekaj letih izpodrinila prej goste sestoje vrst *M. spicatum* in *Potamogeton crispus* v Velenjskem jezeru. Rezultati kažejo, da je uspeh vrste v določenem vodnem telesu odvisen od fizikalnih, kemijskih in geomorfoloških lastnosti vodnega telesa in od življenjske strategije same vrste (Mazej in Germ, 2008).

Veliko relativno biomaso je dosegla tudi natantna vrsta *Potamogeton nodosus*, ki je značilna za evtrofna vodna telesa (Preston, 1995). Iz rodu *Potamogeton* smo v Slivniškem jezeru našli še dva predstavnika *P. berchtoldii* in *P. pectinatus*. Oba lahko tolerirata visoke

koncentracije fosforja in dušika (Germ in sod., 2008). Slednji vrsti v jezeru nista posebej pogosti, sta pa vezani na nekoliko bolj muljast substrat. Lehmann in sodelavci (1997) navajajo, da vrsta *P. pectinatus* bolje raste v plitvih vodnih telesih z muljastim, organsko bogatim sedimentom, kar se je izkazalo tudi v našem primeru.

V sestojih vrst *M. spicatum*, *N. marina* in *P. nodosus* smo pogosto našli tudi vrsto *Ceratophyllum demersum*, ki dobro uspeva v kalnih vodnih telesih z veliko hranilnimi snovmi in kjer je tok počasen (Šraj-Kržič, 2007). Germ in sodelavci (2008) so v spodnjem toku reke Krke vrsto *C. demersum* pogosto našli skupaj z vrsto *N. marina*, kar se je pokazalo tudi v Slivniškem jezeru.

Pred približno petnajstimi leti se je v jezeru močno razširil vodni orešček (*Trapa natans*) (Gobec, 2001). Upravitelji so z regulacijo vodne gladine v nekaj letih njegovo številčnost močno zmanjšali. Vrsta je sedaj dokaj enakomerno porazdeljena po celotnem jezeru in nikjer ne tvori obsežnih enovrstnih sestojev.

Zanimiva je bila prisotnost dveh mesojedih vrst makrofitov *Utricularia australis* in *U. vulgaris*. Pojavljanje teh dveh vrst bi lahko pomenilo občasno pomanjkanje hranil v vodnem stolpcu zaradi intenzivne rasti ostalih rastlin. Obe vrsti smo našli predvsem med gostimi sestoji drugih makrofitov, kjer karnivornost lahko prinese kompetitivno prednost, zaradi pomanjkanja hranil v vodnem stolpcu (Ulanowicz, 1995, cit. po Horvat in sod., 2008).

Stanje makrofitov v Slivniškem jezeru se spremlja v sklopu monitoringa jezer, ki ga izvaja ARSO. Podatki iz leta 2007, kar se pojavljanja najpogostejših vrst tiče, se skladajo z našimi ugotovitvami (priloga G). Leta 2009 smo sicer popisali skoraj dvakrat več taksonov, kot jih je bilo popisanih leta 2007, vendar smo mi pregledali celoten litoral jezera, leta 2007 pa je vzorčenje potekalo le na štirih vzorčnih mestih.

6.1.2 Razporeditev makrofitov po globini

Kar se tiče globine uspevanja, razporeditev makrofitov v Slivniškem jezeru lepo odraža razlike med posameznimi vrstami. Emerzne vrste uspevajo povprečno nekje do globine 25 cm. Izjema je vrsta *Phragmites australis*, katere največja povprečna globina uspevanja znaša približno 45 cm. Nato sledi pas potopljenih ukoreninjenih vrst kot so *P. pectinatus*, *P. berchtoldii*, *Najas minor*, pomešanih s posameznimi primerki vrst *C. demersum*, *M. spicatum*, *N. marina* in *P. nodosus*, ki seže povprečno do nekje 50 cm. Sledi pas najpogosteje zastopanih vrst v Slivniškem jezeru (*M. spicatum*, *N. marina* in *P. nodosus*). Povprečne največje globine uspevanja teh vrst sežejo do 2 m. Največjo povprečno minimalno in maksimalno globino uspevanja ima vrsta *Nymphaea alba*, ki uspeva od povprečno 1,6 m do 2,5 m.

Posamezni primerki vrst *M. spicatum* in *N. marina* so bili najdeni tudi na 3 m globine, *N. alba* pa tudi na 4 m, na splošno pa je prosojnost vode v Slivniškem jezeru zelo slaba, kar onemogoča obsežno kolonizacijo globljih delov jezera. Maksimalna globina uspevanja makrofitov je večinoma posledica upadanja svetlobe z globino (Wetzel, 2001), ki jo močna kalnost vode še poveča (Trošt-Sedej, 2005). Vrsta *M. spicatum* ima nizko svetlobno kompenzacijsko točko (Ali in Soltan, 2006), kar pojasni nekoliko večjo globino uspevanja te vrste.

Z naraščanjem globine se zmanjšuje tudi število taksonov (Wetzel, 2001). To je opazno tudi v Slivniškem jezeru, saj je največ različnih vrst prisotnih do globine okrog 60 cm, nato pa število vrst upada. Na globini večji od 1,75 m najdemo povprečno le še vrste *N. alba*, *M. spicatum*, *N. marina* in *P. nodosus*.

6.1.3 Vpliv okoljskih dejavnikov na makrofite v Slivniškem jezeru

CCA analiza je pokazala, da na razporeditev makrofitov statistično značilno vplivajo naslednji okoljski dejavniki: osončenost, naklon dna, tip sedimenta, naklon brega nad vodo, prisotnost makroalg, vegetacija obrežnega pasu, sklenjenost z lesnatimi ali

močvirskimi rastlinami poraslega obrežnega pasu, izraba tal v zaledju in kalnost vode. Utrditev brega in širina z lesnatimi ali močvirskimi rastlinami poraslega obrežnega pasu, nista statistično značilno vplivala na razporeditev makrofitov.

Breg je bil utrjen le na treh mestih, kar znaša približno 73 m celotne obale jezera, zato se vpliv omenjenega dejavnika na razporeditev makrofitov ni mogel izraziti. Glede na to, da je jezero močno evtrofno, je puferska kapaciteta jezerskega sistema tako ali tako presežena, zato tudi širina z lesnatimi ali močvirskimi rastlinami poraslega obrežnega pasu ne vpliva bistveno na stanje na posameznih odsekih jezera.

Za pomemben dejavnik razporeditve makrofitov se je pokazal naklon dna, saj je bila vrstna pestrost in biomasa makrofitov na položnem jezerskem dnu (vzhodna polovica jezera) večja, kot na mestih kjer je bilo dno strmo (zahodna polovica jezera). To povezujemo z večjo stabilnostjo substrata na položnem dnu in večjo erozijo na strmih predelih. Za razporeditev makrofitov je pomembna tudi osončenost, oziroma osenčenost litorala, saj svetloba predstavlja za primarne producente vir energije.

6.2 SKLEPI

Slivniško jezero je, po pričakovanjih, na večinskem delu litorala močno poraščeno z vodnimi rastlinami. Bujna poraslost z višjimi rastlinami je njegova velika prednost pred ostalimi zadrževalniki v osrednji in vzhodni Sloveniji (ARSO, 2005), saj rastline privzamejo velik del hranil in jih vgradijo v lastno biomaso.

Največjo relativno biomaso v Slivniškem jezeru so leta 2009 dosegle vrste *Phragmites australis*, *Myriophyllum spicatum*, *Najas marina* in *Potamogeton nodosus*. Slednje tri so bolj ali manj enakomerno razporejene po celotnem litoralu, vrsta *P. australis* pa tvori obsežen sestoj na vzhodnem delu jezera, na drugih mestih pa se pojavlja samo ponekod, v manjšem obsegu.

Največja povprečna globina uspevanja makrofitov v Slivniškem jezeru je omejena na okrog 2 m, kar je pogojeno s slabo prosojnostjo jezerske vode. Različne vrste uspevajo na različnih globinah. Na največji globini uspeva natantna vrsta *Nymphaea alba*, nekoliko manjšo največjo povprečno globino uspevanja imajo submerzni vrsti *Myriophyllum spicatum*, *Najas marina* in natantna vrsta *Potamogeton nodosus*, emerzni makrofiti pa uspevajo povprečno le do globine 25 cm.

CCA analiza je pokazala, da na razporeditev makrofitov statistično značilno vplivajo naslednji okoljski dejavniki: osončenost, naklon dna, tip sedimenta, naklon brega nad vodo, prisotnost makroalg, vegetacija obrežnega pasu, sklenjenost z lesnatimi ali močvirskimi rastlinami poraslega obrežnega pasu, izraba tal v zaledju in kalnost vode. Dejavnika, kot sta utrditev brega in širina z lesnatimi ali močvirskimi rastlinami poraslega obrežnega pasu, nista statistično značilno vplivala na razporeditev makrofitov.

7 POVZETEK

Slivniško jezero je nastalo z zaježitvijo Ločnice pri Tratni leta 1976, predvsem zaradi zaščite Celja pred poplavami in za potrebe po tehnološki vodi za Železarno Štore. Jezero je na podlagi OECD kriterijev že od leta 2004 (od takrat poteka monitoring na jezeru) uvrščeno med evtrofne zadrževalnike, njegova velika prednost pred ostalimi zadrževalniki v osrednji in vzhodni Sloveniji, pa je bujna poraslost z višjimi rastlinami.

Namen naloge je bil ugotoviti, katere vrste makrofitov so v Slivniškem jezeru prisotne in kakšna je njihova pogostost. Prav tako nas je zanimalo, kakšna je razporeditev vrst po celotnem litoralu jezera. Želeli pa smo tudi ugotoviti kateri okoljski dejavniki vplivajo na pojavljanje, pogostost in razporeditev makrofitov v jezeru.

V avgustu, septembru in začetku oktobra leta 2009 smo v Slivniškem jezeru popisali pojavljanje, pogostost, razporeditev in globino uspevanja makrofitov. Litoral jezera smo v ta namen razdelili na 96 odsekov na podlagi razlik v vrstni sestavi, ali na podlagi sprememb okoljskih dejavnikov. Na posameznih odsekih smo ocenjevali tudi okoljske dejavnike.

Slivniško jezero je, po pričakovanjih, na večinskem delu litorala močno poraščeno z vodnimi rastlinami. Našli smo 22 različnih vrst makrofitov od tega 9 submerznih vrst, 9 emerznih vrst in 4 natantne vrste. Največjo relativno rastlinsko biomaso so dosegle vrste *Phragmites australis*, *Myriophyllum spicatum*, *Najas marina* in *Potamogeton nodosus*. Slednje tri omenjene vrste, poleg vrste *Nymphaea alba*, pa so dosegle tudi največjo globino uspevanja. CCA analiza je pokazala, da osončenost, naklon dna, tip sedimenta, naklon brega nad vodo, prisotnost makroalg, vegetacija obrežnega pasu, sklenjenost z lesnatimi ali močvirskimi rastlinami poraščene obrežnega pasu, izraba tal v zaledju in kalnost vode na razporeditev makrofitov statistično značilno vplivajo.

8 VIRI

- Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO). 2003. Monitoring kakovosti jezer v letu 2003. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor
http://www.arso.gov.si/vode/jezera/jezera_2003.pdf [9.12.2010]
- Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO). 2004. Monitoring kakovosti jezer v letu 2004. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor
<http://www.arso.gov.si/vode/jezera/jezera2004.pdf> [9.12.2010]
- Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO). 2005. Poročilo o kakovosti jezer v letu 2005. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor
http://www.arso.gov.si/vode/jezera/jezera_2005.pdf [9.12.2010]
- Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO). 2006. Poročilo o kakovosti jezer v letu 2006. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor
http://www.arso.gov.si/vode/jezera/porocilo_jezera2006.pdf [9.12.2010]
- Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO). 2007. Kakovost jezer v letu 2007. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor
http://www.arso.gov.si/vode/jezera/Porocilo_jezera_2007.pdf [9.12.2010]
- Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO). 2008. Kakovost jezer v letu 2008. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor
http://www.arso.gov.si/vode/jezera/POROCILO%20JEZERA_2008.pdf [9.12.2010]
- Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO). 2009. Kakovost jezer v letu 2009. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor
http://www.arso.gov.si/vode/jezera/PORORO%C4%8CILO%20JEZERA%202009_splet.pdf [9.12.2010]
- Ali M.M., Soltan M.A. 2006. Expansion of *Myriophyllum spicatum* (Eurasian water milfoil) into Lake Nasser, Egipt: Invasive capacity and habitat stability. Aquatic botany, 84: 239-244
- Asaeda T., Trung V.K., Manatunge J., Van Bon T. 2001. Modelling macrophyte – nutrient - phytoplankton interactions in shallow eutrophic lakes and the evaluation of environmental impacts. Ecological Engineering, 16: 341-357
- Chambers P.A., Lacoul P., Murphy K.J., Thomaz S.M. 2008. Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. Hydrobiologia, 595: 9-26

- Cronin G., Lewis W.M. Jr., Schienser M.A. 2006. Influence of freshwater macrophytes on the littoral ecosystem structure and function of young Colorado reservoir. *Aquatic botany*, 85: 37-43
- Directive 2000/60 EC of European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of Water policy, 23. Oct. 2002. Brussels, 72 str. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/sl/dd/15/05/32000L0060SL.pdf> [13.12.2010]
- Feldman T., Nõges P. 2007. Factors controlling macrophyte distribution in large shallow Lake Võrtsjärv. *Aquatic Botany*, 87: 15-21
- Gaberščik A. 1997. Makrofiti in kvaliteta voda. *Acta Biologica Slovenica*, 41 (2-3): 141 - 148
- Gams I., Vrišer I. 1998. *Geografija Slovenije*. Ljubljana, Slovenska matica: 501 str.
- Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO). Geografski informacijski sistem GIS. Atlas okolja. http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso [10.12.2010]
- Germ M., Urbanc-Berčič O., Janauer G.A., Filzmoser P., Exler N., Gaberščik A. 2008. Macrophyte distribution pattern in the Krka River – the role of habitat quality. *Large Rivers*, 18 (1-2): 145-155
- Germ M., Gaberščik A. 2008. Metodologija vzorčenja makrofitov za vrednotenje ekološkega stanja jezer v skladu z Vodno direktivo (Direktiva 2000/60/ES). Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 13 str.
- Gessner M.O. 2000. Breakdown and nutrient dynamics of submerged *Phragmites* shoots in the littoral zone of a temperate hardwater lake. *Aquatic botany*, 66: 9-20
- Gobec K. 2001. Ocena onesnaženosti Slivniškega jezera s trent biotskim indeksom. Raziskovalna naloga, Šentjur, Šolski center Šentjur: 22 str
- Hilt S., Gross E.M. 2008. Can allelopathically active submerged macrophytes stabilise clear – water state in shallow lakes? *Baic and Applied Ecology*, 9: 422-432
- Holmes N. 2005. *A guide to identifying British river plants*. Huntingdon, Warboys
- Horppila J., Nurminen L. 2003. Effect of submerged macrophytes on sediment resuspension and internal phosphorus loading in Lake Hiidenvesi (southern Finland). *Water research*, 37: 4468-4474

- Horvat B., Urbanc Berčič O., Gaberščik A. 2008. Water quality and macrophyte community changes in the Komarnik accumulation lake (Slovenia). V: Wastewater Treatment, Plant Dynamics and Management in Constructed in Natural Wetlands. Vymazal J. (ur.). Springer science + Business Media B. V.: 13-22
- Hussner A., Hoelken H.P., Jahns P. 2010. Low Light acclimated submerged freshwater plants show a pronounced sensitivity to increasing irradiances. *Aquatic botany*, 93: 17-24
- Hutchinson G.E. 1975. A treatise on Limnology. Volume III. Limnological botany. John Wiley & Sons Inc. New Yourk, London, Sydney, Toronto: 660 str.
- Istvánovics V., Honti M., Kovács Á., Osztóics A. 2008. Distribution of submerged macrophytes along environmental gradients in large, shallow Lake Balaton (Hungary). *Aquatic Botany*, 88: 317-330
- Jones J.I. 2005. The metabolic cost of bicarbonate use in the submerged plant *Elodea nuttallii*. *Aquatic botany*, 83: 71-81
- Kohler A. 1978. Methoden der Kartierung von Flora und Vegetation von Süßwasserbiotopen. *Landschaft + Stadt*, 10/2: 73-85
- Królikowska J., 1997. Eutrophication processes in a shallow, macrophyte – dominated lake - species differentiation, biomass and the distribution of submerged macrophytes in Lake Łuknajno (Poland). *Hydrobiologia*, 342/343: 411-416
- Kuhar U., Kržič N., Germ M., Gaberščik A. 2009. Habitat characteristic of threatened macrophytes species in the watercourses of Slovenia. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 30 (5): 754-756
- Kuhar U., Germ M., Gaberščik A. 2010a. Habitat characteristic of an alien species *Elodea canadensis* in Slovenia watercourses. *Hydrobiologia*, 656: 205-212
- Kuhar U., Germ M., Gaberščik A., Urbanič G. 2010b. Development of a River Macrophyte Index (RMI) for assesing river ecological status. *Limnologica*, doi: 10.1016/j.limno.2010.001
- Lehmann A., Castella E., Lachavanne J.B. 1997. Morphological traits and spatial heterogeneity of aquatic plants along sediment and depth gradients, Lake Geneva, Switzerland. *Aquatic botany*, 55: 281-299
- Madsen J.D., Chambers P.A., James W.F., Koch E.W., Westlake D.F. 2001. The interaction between water movement, sediment dynamics and submersed macrophytes. *Hydrobiologia*, 444: 71-84

- Madsen T.V., Maberly S.C., Bowes G. 1996. Photosynthetic acclimation of submersed angiosperms on CO₂ and HCO₃⁻. *Aquatic Botany*, 53: 15-30
- Martinčič A. Formativno delovanje ekoloških faktorjev. Navodila za vaje. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 3-6
- Martinčič A., Wraber T., Jogan N., Podobnik A., Turk B., Vreš B., Ravnik V., Frajman B., Strgulc Krajšek S., Trčak B., Bačič T., Fischer M.A., Eler K., Surina B. 2007. Mala flora Slovenije. Ključ za določanje praprotnic in semenk. Četrta, dopolnjena in spremenjena izdaja. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 967 str.
- Mazej Z., Gaberščik A. 1999. Species composition and vitality of macrophytes in different types of lakes. *Acta Biologica Slovenica*, 42 (3):43-52
- Mazej Z., Germ M. 2008. Competitive advantages of *Najas marina* L. in a process of littoral colonization in the lake Velenjsko jezero (Slovenija). *Acta Biologica Slovenica*, 51 (1): 13-20
- Muammetoğlu A.B., Soyupak S. 2000. A three – dimensional water quality – macrophyte interaction model for shallow lakes. *Ecological Modelling*, 133: 161-180
- Muylaert K., Pérez-Martínez C., Sánchez-Castillo P., Lauridsen T.L., Vanderstukken M., Declerck S.A.J., Van der Gucht K., Conde-Porcuna J.M. Jeppesen E., De Meester L., Vyverman W. Influence of nutrients, submerged macrophytes and zooplankton grazing on phytoplankton biomass and diversity along longitudinal gradient in Europe. *Hydrobiologia*, 653:79-90
- Odum E.P. 1971. *Fundamentals of ecology*. Third edition. Philadelphia W.B. Saunders Company: 574 str.
- Pall K., Janauer G.A. 1995. Die Makrophytenvegetation von Flußstauen am Beispiel der Donau zwischen Fluß-km 2552,0 und 2511,8 in der Bundesrepublik Deutschland. *Arch. Hydrobiol., Duppl. 101, Large Rivers* 9, 2: 91-109
- Perko D., Orožen-Adamič M. 1998. Slovenija. Pokrajine in ljudje. Ljubljana, Mladinska knjiga
- Preston C.D. 1995. *Pondweeds of Great Britain and Ireland*. London, Botanical Society of the British Isles: 352 str.
- Remic-Rekar Š. 2003. Jezera. V: Vodno bogastvo Slovenije. Uhan J. in Bat M. (ur.), Agencija Republike Slovenije za okolje
http://www.arso.gov.si/vode/publikacije%20in%20poro%C4%8Dila/Vodno_bogastvo_3jezera.pdf [10.12.2010]

- Rooney N., Kalff J. 2000. Inter-annual variation in submerged macrophyte community biomass and distribution: the influence of temperature and lake morphometry. *Aquatic Botany*, 68: 321-335
- Schmieder K., Werner S., Bauer H.G. 2006. Submersed macrophyte as a food source of wintering waterbirds at Lake Constance. *Aquatic botany*, 84: 245-250
- Šraj-Kržič N., Germ M, Urbanc-Berčič O., Kuhar U., Janauer G.A., Gaberščik A. 2007. The quality of the aquatic environment and macrophytes of karstic watercourses. *Plant Ecology* 192: 107-118
- Štraus M. 2006. 50 let gospodarjenja z voglajnskim ribiškim okolišem. Šentjur pri Celju, Ribiška družina voglajna: 44 str
- Štraus M. 2010. NIVO, Gradnje in ekologija d.d., Celje (osebni vir, december, 2010)
- Tarman K. 1992. Osnove ekologije in ekologija živali. Ljubljana, Državna založba Slovenije: 547 str.
- Ter Braak C.J.F., Verdonschot P.F.M. 1995. Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic Sciences* 57/3: 153-187
- Trošt Sedej T. 2005. Ekologija rastlin. Priročnik za vaje. Ljubljana. Študentska založba: 11-22
- Urbanič G., Toman M.J. 2003. Varstvo celinskih voda. Ljubljana, študentska založba: 94 str.
- Videc D., 2010. NIVO, Gradnje in ekologija d.d., Celje (osebni vir, december, 2010)
- Wetzel R., 2001. *Lymnology: Lake and river ecology*. 3 rd edition. Academic Press, San Diego, San Francisco, New Yourk, London, Sydney, Tokyo: 1006 str.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici prof. dr. Alenki Gaberščik za vso strokovno pomoč, nasvete in vzpodbude pri nastajanju diplomskega dela.

Zahvaljujem se doc. dr. Mateji Germ in doc. dr. Martini Bačič za pregled diplomskega dela.

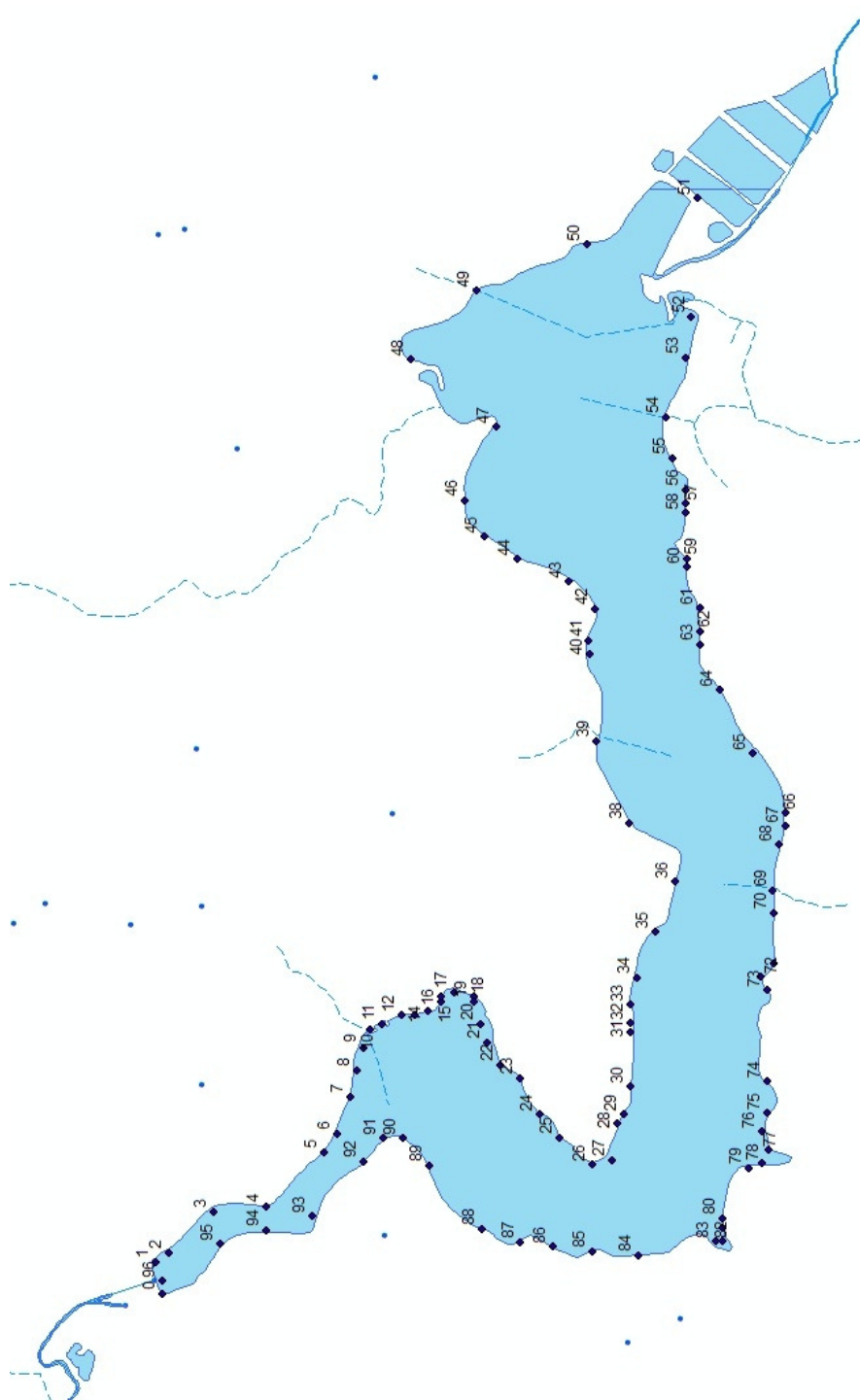
Draganu Abramcu se zahvaljujem za tehnično pomoč in izris karte Slivniškega jezera.

Hvala g. Milanu Štravsnu in g. Darku Vidcu za tehnične podatke in podatke o vzdrževanju Slivniškega jezera.

Posebna zahvala mojim najbližjim za spodbudo in podporo pri študiju in pisanju diplomske naloge. Še posebej hvala možu Luku in bratu Primožu za veliko pomoč pri terenskem delu.

PRILOGE

PRILOGA A



Slika A: Slika Slivniškega jezera z označenimi odseki

PRILOGA B

Preglednica B: Koordinate in dolžine posameznih odsekov Slivniškega jezera

Odsek	Koordinate		Dolžina odseka (m)
	N	E	
0	46,1969	15,4374	
1	46,197	15,4381	50
2	46,1968	15,4383	31,5
3	46,1961	15,4392	105
4	46,1953	15,4393	94
5	46,1944	15,4405	138
6	46,1942	15,4409	39
7	46,194	15,4417	59
8	46,1939	15,4423	46
9	46,1938	15,4428	40
10	46,1937	15,4432	38
11	46,1935	15,4433	26
12	46,1932	15,4435	26
13	46,193	15,4435	28
14	46,1928	15,4436	23
15	46,1926	15,4438	23
16	46,1926	15,4439	11
17	46,1924	15,444	33
18	46,1921	15,4439	35
19	46,1921	15,4438	13
20	46,192	15,4433	44
21	46,1919	15,4429	53
22	46,1917	15,4424	57
23	46,1914	15,4421	40
24	46,1911	15,4413	75
25	46,1908	15,4408	71
26	46,1903	15,4402	72
27	46,19	15,4403	38
28	46,1899	15,4411	69
29	46,1898	15,4413	20
30	46,1897	15,4419	54
31	46,1897	15,4431	102
32	46,1897	15,4433	16
33	46,1897	15,4437	30

(se nadaljuje)

(nadaljevanje)

Odsek	Koordinate		Dolžina odseka (m)
	N	E	
34	46,1896	15,4443	52
35	46,1893	15,4453	97
36	46,189	15,4464	105
37	46,891	15,4472	78
38	46,1897	15,4477	94
39	46,1902	15,4495	158
40	46,1903	15,4514	156
41	46,1903	15,4517	34
42	46,1902	15,4524	55
43	46,1906	15,453	77
44	46,1914	15,4535	94
45	46,1919	15,454	75
46	46,1922	15,4548	73
47	46,1917	15,4564	142
48	46,193	15,4579	284
49	46,192	15,4594	215
50	46,1903	15,4604	216
51	46,1886	15,4614	232
52	46,1887	15,4588	319
53	46,1888	15,4579	77
54	46,1891	15,4566	113
55	46,189	15,4557	74
56	46,1888	15,455	68
57	46,1888	15,4547	28
58	46,1888	15,4545	12
59	46,1888	15,4535	93
60	46,1888	15,4533	31
61	46,1886	15,4524	77
62	46,1886	15,4519	38
63	46,1886	15,4516	23
64	46,1883	15,4506	91
65	46,1878	15,4492	138
66	46,1873	15,4479	112
67	46,1873	15,4476	23
68	46,1874	15,4472	36
69	46,1875	15,4462	73
70	46,1875	15,4457	33
71	46,1875	15,4446	87

(se nadaljuje)

(nadaljevanje)

Odsek	Koordinate		Dolžina odseka (m)
	N	E	
72	46,1877	15,4443	34
73	46,1876	15,444	25
74	46,1876	15,442	167
75	46,1876	15,4413	56
76	46,1877	15,4409	30
77	46,1876	15,4405	33
78	46,1877	15,4402	78
79	46,1879	15,4401	23
80	46,1883	15,439	124
81	46,1883	15,4388	28
82	46,1883	15,4385	35
83	46,1884	15,4385	20
84	46,1896	15,4382	163
85	46,1903	15,4383	95
86	46,1909	15,4384	73
87	46,1914	15,4385	67
88	46,192	15,4388	72
89	46,1928	15,4402	148
90	46,1932	15,4408	78
91	46,1935	15,4408	31
92	46,1938	15,4403	60
93	46,1946	15,4391	132
94	46,1953	15,4388	100
95	46,196	15,4385	70
96	46,1969	15,4377	141

PRILOGA C

Vprašalnik za oceno okoljskih dejavnikov Slivniškega jezera

1 Utrditev brega

Neutrjen	1
Utrjen z lesom	
Utrjen s kamni	
Utrjen z betonom)	2

2 Strmina brega nad vodo

Položen	1
Srednje strm	2
Zelo strm	3
Pravokoten, utrjen	4

3 Rastline obrežnega pasu

Obrežje poraščeno z gozdom ali z močvirsko vegetacijo	1
Obrežje poraščeno s pionirskimi lesnimi vrstami (topoli, jelše, vrbe...).	2
Obrežje poraslo z zelnatimi rastlinami (visoke in nizke zeli)	3
Obrežje neporaščeno (golo)	4

4 Širina z lesnatimi ali močvirskimi rastlinami poraslega obrežnega pasu

Pas širok več kot 30 m	1
Pas širok od 5 do 30 m	2
Pas širok od 1 do 5 m	3
Lesnatih ali močvirskih rastlin ni	4

5 Sklenjenost z lesnatimi ali močvirskimi rastlinami poraslega obrežnega pasu

Obrežni pas sklenjen, brez prekinitev	1
Prekinitve se pojavljajo vsakih 50 m	2
Obrežni pas močno moten s prekinitvami po vsej dolžini brega	3
Obrežni pas brez lesnatih ali močvirskih rastlin	4

6 Izraba tal v zaledju za obrežnim pasom

Zaledje je poraslo z gozdom ali močvirji	1
V zaledju prevladujejo travniki, pašniki z malo obdelovalnimi površinami	2
V zaledju prevladujejo obdelovalne površine, posamezne hiše	3
V zaledju je strnjeno urbano območje (hiše, tovarne)	4

7 Kalnost vode

Bistra	1
Srednje kalna	2
Močno kalna	3

8 Osončenost

Popolnoma osončeno	1
Delno osončeno	2
Popolnoma osenčeno	3

9 Naklon dna

Položen	1
Srednje strm	2
Zelo strm	3

10 Tip sedimenta

Kamni, skale	1
Prod	2
Pesek	3
Mulj	4

11 Prisotnost makroalg

Ni	0
Nekaj	1
Zmerno	2
Množično	3

PRILOGA D

Ocene okoljskih dejavnikov na posameznih odsekih litorala Slivniškega jezera

Odsek	Dejavniki okolja *										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	3	4	4	4	3	3	2	2	1	2	2
2	1	1	1	1	1	3	2	2	2	3	2
3	1	1	1	1	1	3	2	3	3	3	1
4	1	1	1	1	1	3	2	3	3	3	1
5	1	1	1	1	1	3	2	3	2	3	2
6	1	1	1	1	1	3	2	2	2	3	2
7	1	2	2	2	1	3	2	2	1	2	2
8	1	3	4	4	1	3	2	2	1	2	1
9	1	2	3	1	1	3	2	2	1	2	3
10	1	1	2	1	1	4	3	1	1	1	4
11	1	3	4	4	1	4	3	3	1	1	3
12	1	3	4	4	1	3	2	4	1	2	2
13	1	2	3	1	2	3	2	2	2	2	2
14	1	2	3	1	2	3	2	2	2	2	2
15	1	4	4	4	2	3	2	1	1	1	2
16	2	4	4	4	2	3	2	4	1	1	2
17	1	2	2	1	1	4	2	1	2	1	2
18	1	2	2	1	1	4	3	1	3	1	4
19	1	2	2	1	1	3	3	1	2	1	4
20	1	2	2	1	1	3	2	1	2	1	3
21	1	2	2	1	1	3	2	2	2	2	2
22	1	3	4	4	1	3	2	2	1	2	3
23	1	3	4	4	1	3	2	2	1	2	3
24	1	2	3	2	1	3	2	2	2	2	2
25	1	2	3	1	1	3	2	2	2	2	2
26	1	1	1	1	1	3	2	2	2	2	2
27	1	1	1	1	1	3	2	2	3	2	2
28	1	1	1	1	1	3	2	2	2	2	2
29	1	3	4	4	1	3	2	1	2	1	2
30	1	2	2	1	1	3	2	1	2	1	2
31	1	2	2	3	2	3	2	1	2	1	3
32	1	2	2	1	2	3	2	1	3	1	2
33	1	2	3	3	2	3	2	1	2	1	2
34	1	2	2	2	2	3	2	1	2	1	2

(se nadaljuje)

* Predstavljeno v prilogi C

(nadaljevanje)

Odsek	Dejavniki okolja *										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
35	1	1	1	1	1	3	2	2	2	2	2
36	1	3	4	4	3	3	2	2	2	2	3
37	1	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2
38	1	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2
39	1	2	3	3	2	3	2	2	2	2	3
40	1	1	3	3	2	3	2	1	1	1	4
41	1	1	1	1	1	4	2	1	2	1	2
42	1	1	1	2	1	3	2	2	2	2	2
43	1	1	1	2	1	3	2	3	2	2	1
44	1	3	4	4	1	3	2	2	1	2	2
45	1	2	3	3	1	3	2	2	1	2	2
46	1	2	2	3	1	3	2	2	2	2	1
47	1	2	4	2	3	3	2	1	1	1	2
48	1	2	2	1	2	3	2	1	1	1	2
49	1	2	2	1	2	3	2	1	1	1	2
50	1	1	1	1	1	3	2	3	2	2	1
51	1	1	2	2	1	4	3	1	1	1	1
52	1	2	1	1	2	4	3	1	1	1	2
53	1	1	2	1	2	4	3	1	1	1	2
54	1	3	4	4	3	4	3	1	1	1	3
55	1	3	4	4	3	3	2	1	1	1	3
56	1	2	3	3	3	3	2	1	1	1	3
57	1	2	3	3	3	3	2	1	2	1	3
58	2	3	4	4	3	3	2	1	2	1	3
59	1	1	1	1	3	3	2	1	1	1	3
60	1	3	4	4	2	3	2	1	1	1	3
61	1	2	3	3	2	3	2	1	1	1	3
62	1	2	2	1	2	3	2	1	2	1	3
63	1	3	4	4	2	3	2	1	1	1	3
64	1	3	4	4	2	3	2	1	1	1	3
65	1	2	2	2	1	3	2	2	2	2	3
66	1	2	2	2	1	3	2	2	2	2	2
67	1	3	4	4	1	3	2	2	2	2	2
68	1	3	4	4	1	3	2	2	2	2	2
69	1	3	4	4	3	3	2	2	2	2	2
70	1	3	4	4	3	3	2	2	1	1	3

(se nadaljuje)

* Predstavljeno v prilogi C

(nadaljevanje)

	Dejavniki okolja*										
Odsek	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
71	1	3	4	4	3	3	2	1	1	1	3
72	1	1	3	1	3	3	2	1	1	1	3
73	1	3	4	4	3	3	2	1	1	1	3
74	1	3	4	4	3	3	2	1	1	1	2
75	1	2	2	1	2	3	2	1	2	1	2
76	1	2	2	3	2	3	2	1	1	1	3
77	1	2	3	3	2	3	2	1	2	1	3
78	1	2	2	2	2	3	3	4	3	1	2
79	1	3	4	4	2	3	2	2	1	1	1
80	1	1	1	1	1	3	2	3	3	3	1
81	1	1	1	1	1	3	2	3	3	2	1
82	1	1	1	1	1	3	2	3	3	3	1
83	1	1	1	1	1	3	2	3	3	2	1
84	1	1	1	1	1	3	2	2	2	2	1
85	1	3	4	4	1	3	2	2	2	2	2
86	1	1	2	1	2	3	2	2	2	2	2
87	1	3	4	4	2	3	2	1	1	2	2
88	1	1	1	3	1	3	2	2	2	2	1
89	1	1	1	1	1	3	2	3	2	2	1
90	1	1	1	1	1	3	2	2	2	2	2
91	1	1	1	1	1	3	2	2	1	2	4
92	1	1	1	1	1	3	2	2	2	3	4
93	1	1	1	1	1	3	2	3	3	3	2
94	1	1	1	1	1	3	2	3	3	3	1
95	1	1	1	1	1	3	2	2	1	3	2
96	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	2

* Predstavljeno v prilogi C

PRILOGA E

Preglednica E: OECD kriteriji in trofična stopnja Slivniškega jezera za leta 2004, 2005, 2007 in posamezne vrednosti za leti 2008 in 2009 (povzeto po ARSO, 2004; ARSO, 2005; ARSO, 2006; ARSO, 2007; ARSO, 2008; ARSO, 2009)

Trofična stopnja	Celotni fosfor	Dušik anorganski	Prosojnost	Prosojnost	Klorofil- <i>a</i>	Klorofil- <i>a</i>
	letno povprečje	letno povprečje	povprečje	maksimum	povprečje	maksimum
	($\mu\text{g P/l}$)	($\mu\text{g N/l}$)	(m)	(m)	($\mu\text{g/l}$)	($\mu\text{g/l}$)
u-oligotrofno	< 4	< 200	> 12	> 6	< 1	< 2,5
oligotrofno	< 10	200 - 400	> 6	> 3	< 2,5	< 8
mezotrofno	10 - 35	300 - 650	6 - 3	3 - 1,5	2,5 - 8	8 - 25
evtrofno	35 - 100	500 - 1500	3 - 1,5	1,5 - 0,7	8 - 25	25 - 75
hiperevtrofno	> 100	> 1500	< 1,5	< 0,7	> 25	> 75
2004	60	1191	1,1	1,0	31,6	64,2
2005	220	1489	1,1	0,8	12,1	61,6
2006	/	/	/	/	/	/
2007	85	1456	1,1	0,3	17,2	30,8
2008	29,2	859,4	1,3	/	7,7	/
2009	37	533	/	/	6,5	/

PRILOGA F

Preglednica F1: Povprečni biovolumen fitoplanktona in vsebnost klorofila *a* v zadrževalnikih vzhodne Slovenije za obdobje 2008-2009 (ARSO, 2008 in ARSO, 2009)

Zadrževalnik	Biovolumen (mm ³ /l)	Klorofil <i>a</i> (µg/l)	Biovolumen (mm ³ /l)	Klorofil <i>a</i> (µg/l)
	2008		2009	
Slivniško j.	2,1	7,8	3,7	6,5
Šmartinsko j.	4,1	9,5	4,7	9,5
Ledavsko j.	3,8	32	10,8	22,1
Perniško j.	8,7	41,2	18,0	45,0
Gajševsko j.	6,4	34	9,2	35,9
Ptujsko j.	1,0	2,2	0,8	1,3

Preglednica F2: Povprečne vrednosti celotnega fosforja in anorganskega dušika v zadrževalnikih vzhodne Slovenije za obdobje 2008-2009 (ARSO, 2008 in ARSO, 2009)

Zadrževalnik	Fosfor celtni µg P/l	Anorganski dušik µg N/l	Fosfor celtni µg P/l	Anorganski dušik µg N/l
	povprečje 2008	povprečje 2008	povprečje 2009	povprečje 2009
Slivniško j.	29	859	37	533
Šmartinsko j.	49	706	160	494
Ledavsko j.	104	913	137	1018
Perniško j.	126	893	252	470
Gajševsko j.	89	890	122	804
Ptujsko j.	59	1187	35	898

Preglednica F3: Ocena ekološkega stanja zadrževalnikov vzhodne Slovenije v letu 2009 (za Slivniško jezero tudi za leto 2008) na osnovi posebnih onesnaževal in splošnih fizikalnih in kemijskih parametrov (povzeto po ARSO, 2008 in ARSO, 2009)

Zadrževalnik	Posebna onesnaževala	Splošni fi –ke parametri (vsebnost kisika v hipolim.)	Ocena stanja zadrževalnikov
	Stanje	Stanje	
Slivniško j. 2008	dobro	dobro	dobro
Slivniško j. 2009	dobro	dobro	dobro
Šmartinsko j. 2009	dobro	ne dosega dobrega stanja	ne dosega dobrega stanja
Ledavsko j. 2009	dobro	dobro	dobro
Perniško j. 2009	ne dosega dobrega stanja	dobro	ne dosega dobrega stanja
Gajševsko j. 2009	ne dosega dobrega stanja	dobro	ne dosega dobrega stanja
Ptujsko j. 2009	dobro	dobro	dobro
Ormoško j. 2009	dobro	dobro	dobro

PRILOGA G

Preglednica G: Vrstna sestava in pogostost makrofitov v Slivniškem jezeru leta 2007 (ARSO, 2007)

SLIVNIŠKO JEZERO						
Transekt	transekt 1		transekt 2		transekt 3	
Vrsta rastline / Globina cone	0,4 - 1,2 m	1,2 - 3 m	0,2 - 0,7 m	0,7 - 1,7 m	0,3 - 1 m	1 - 2,5 m
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.					1	
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	2	5				3
<i>Chara</i> sp.					1	
<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	2	2	2	2	2	3
<i>Najas marina</i> L.	2	4		4	2	4
<i>Najas minor</i> All.					1	
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	2					
<i>Potamogeton berchtoldii</i> Fieber					2	
<i>Potamogeton nodosus</i> Poir	3		2	4	1	2
<i>Rorippa amphibia</i> (L.) Besser	1					
<i>Trapa natans</i> L.	4	2	2		1	
<i>Typha latifolia</i> L.	2		2			

