

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Petra POČKAJ

OKOLJSKA OCENA IN MAKROFITI RIŽANE

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana 2008

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Petra POČKAJ

OKOLJSKA OCENA IN MAKROFITI RIŽANE

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT  
AND MACROPHYTES OF RIŽANA RIVER

GRADUATION THESIS

University studies

Ljubljana 2008

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija biologije.

Opravljeno je bilo na Katedri za ekologijo in varstvo okolja na Oddelku za biologijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za biologijo je potrdila temo in naslov diplomskega dela ter kot mentorico imenovala prof. dr. Alenko Gaberščik in kot recenzenta prof. dr. Mihaela J. Tomana.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: doc. dr. Jože Bavcon

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: prof. dr. Mihael J. Toman

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: prof. dr. Alenka Gaberščik

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Datum zagovora: 7.3.2008

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

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Petra Počkaj

**KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA**

ŠD Dd

DK 581.5:582.2/2(497.4Rižana)(043.2)=163.6

KG okoljska ocena/ makrofiti/ vodotoki/ Rižana

AV POČKAJ, Petra

SV GABERŠČIK, Alenka (mentorica)

KZ SI-1000 Ljubljana, Večna pot 111

ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

LI 2006

IN OKOLJSKA OCENA IN MAKROFITI RIŽANE

TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)

OP X, 72 str., 5 pregl., 12 pril., 29 sl., 62 vir.

IJ sl

JI sl/en

AL

Namen naloge je bil ugotoviti pojavljanje, razporeditev in pogostost makrofitov v vodotoku Rižana ter ugotoviti stanje vodnega okolja. Rižana je 14 km dolg vodotok, ki se v spodnjem toku razcepi na dva dela. Levi krak se končuje v Škocjanskem zatoku, desni obide hrib Srmin in se izliva v morje na območju Luke Koper. V rastni sezoni 2005 smo ocenili stanje širšega vodnega okolja po prirejeni metodi RCE po Petersenu in popisali makrofite, določili njihovo abundanco, rastno obliko in podali oceno habitatnih parametrov. Popisali smo 26 različnih taksonov, 14 emerznih, 11 submerznih in natantni neukoreninjeni makrofit. Opravili smo osnovne fizikalne in kemijske analize. Temperatura narašča po toku navzdol, nasičenost je visoka, koncentracije nitratnih in fosfatnih ionov so v mejah normale. Po raziskavah RCE je kakovost vodotoka in zaledja veliko boljša na izviri in v zgornjem delu. Točkovanje izvirskega in zgornjega dela uvršča Rižano v prvi in drugi kakovostni razred RCE. Od sredine struge do izliva v morje jo uvrščamo v tretji in četrti kakovostni razred RCE. Od vseh parametrov, ki vplivajo na razporeditev makrofitov, so v Rižani je najpomembnejše pojavljanje brzic, tolmunov in meandrov, nato vrste usedlin v strugi (sediment) ter detrit. Največja pestrost in abundanca makrofitov je bila na mestu, kjer se tok umiri ter se sediment spremeni iz velikih delcev v droben anorganski substrat.

**KEY WORDS DOCUMENTATION**

ŠD Dd

DK 581.5:582.2/2(497.4Rižana)(043.2)=163.6

KG environmental assessment / macrophytes / stream / Rižana

AV POČKAJ, Petra

SV GABERŠČIK, Alenka (supervisor)

KZ SI-1000 Ljubljana, Večna pot 111

ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

LI 2006

IN OKOLJSKA OCENA IN MAKROFITI RIŽANE

TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)

OP X, 72 str., 5 pregl., 12 pril., 29 sl., 62 vir.

IJ sl

JI sl/en

AL

The aim of present work was to determine the distribution, abundance and frequency of macrophytes in Rižana river and also to determine environment assessment. Rižana is 14 km long river in which its lower current splits in two parts. The left current flows into Škocjanski zatok, and the right one continues its path along hill Srmin and flows into the sea in Luka Koper. In the growth season of 2005 an environment assessment of the stream by arranged RCE methods of Petersen was performed. An inventory of macrophytes was made, their frequency, growth form and an estimation of habitat parameters was determined. Twenty six macrophyte taxa, 14 helophytes and 11 real water plants and one floating macrophyte was found in the riverbed. Basic physical and chemical analyses was carried out. The temperature increased downstream, the oxygen saturation was high and the concentration of nitrogen and phosphorus were normal. By RCE assessment the quality of the river and land use was much higher at the spring and in the upper current. Points gained by RCE method classify the initial part of Rižana in the I. and II. RCE quality class. The degradation of the hinterland was greater in the lower parts of the river and was classified in the III. and IV. RCE quality class. The most influential factor for macrophyte distribution was the changing of riffle, pools and meanders and also the rank of sediment in the riverbed. The variety of macrophytes was

the highest at the bifurcation, where the river flow diminishes and the structure of sediment changes from big stones to a fine inorganic substratum.

## KAZALO VSEBINE

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. DELOVNE HIPOTEZE</b> .....	<b>4</b>
<b>3. PREGLED OBJAV</b> .....	<b>5</b>
3.1 VODOTOKI IN ŠIRŠE OKOLJE VODOTOKOV .....	5
3.2 RAZMERE V VODNEM OKOLJU, KI POMEMBNO VPLIVAJO NA RAST IN RAZVOJ MAKROFITOV .....	6
3.2.1 Hidromorfološki dejavniki .....	6
3.2.2 Kemijske in fizikalne lastnosti vode .....	7
3.3 MAKROFITI – RASTLINE VODNEGA OKOLJA .....	11
<b>4. MESTO RAZISKAV</b> .....	<b>16</b>
4.1 LEGA IN GEOGRAFSKE ZNAČILNOSTI VODOTOKA.....	16
4.2 GEOLOŠKA PODLAGA.....	16
4.3 TLA .....	16
4.4 ZNAČILOSTI PODNEBJA .....	16
4.5 HIDROLOŠKI REŽIM RIŽANE.....	17
<b>5. METODE DE LA</b> .....	<b>20</b>
5.1 TERENSKO DELO.....	20
5.1.1 Makrofiti.....	20
5.1.2 Fizikalne in kemijske analize vode .....	21
5.1.3 Širša okoljska ocena vodotoka .....	21
5.1.4 Ocena habitatnih parametrov .....	22
5.2 LABORATORIJSKO DELO .....	22
5.2.1 Fizikalne meritve in kemijske analize vode .....	22
5.3 OBDELAVA PODATKOV .....	25
5.3.1 Fizikalne in kemijske analize vode .....	25
5.3.2 Širša okoljska ocena vodotoka .....	25
5.3.3 Ocena habitatnih parametrov .....	26
5.3.4 Pojavljanje in pogostost makrofitov vzdolž vodotoka .....	26
5.3.5 Kanonična korespondenčna analiza (CCA) .....	29
<b>6. REZULTATI</b> .....	<b>30</b>

---

6.1	FIZIKALNE IN KEMIJSKE ANALIZE VODE .....	30
6.1.1	Temperatura vode.....	30
6.1.2	Koncentracija kisika.....	31
6.1.3	Nasičenost s kisikom.....	31
6.1.4	Električna prevodnost.....	32
6.1.5	pH.....	33
6.1.6	Vsebnost nitratnih ionov .....	33
6.1.7	Vsebnost ortofosfatnih ionov .....	34
6.2	POJAVLJANJE IN RAZPOREDITEV MAKROFITOV.....	35
6.2.1	Prisotnost makrofitov .....	35
6.2.2	Prisotnost in pogostost makrofitskih vrst v vodotoku.....	37
6.2.3	Kanonična korespondenčna analiza CCA.....	41
6.3	ŠIRŠA OKOLJSKA OCENA VODOTOKA RIŽANA.....	46
6.4	OCENA HABITATNIH PARAMETROV .....	49
6.4.1	Struktura brežine .....	49
6.4.2	Tip sedimenta .....	50
6.4.3	Hitrost vodnega toka .....	52
6.4.4	Izraba tal v zaledju .....	53
6.5	TUJERODNE VRSTE MAKROFITOV V VODOTOKU .....	56
<b>7.</b>	<b>RAZPRAVA.....</b>	<b>57</b>
7.1	MORFOLOŠKE ZNAČILNOSTI VODOTOKA IN IZRABA TAL.....	57
7.2	FIZIKALNE IN KEMIJSKE LASTNOSTI.....	59
7.3	VPLIV OKOLJSKIH PARAMETROV NA POJAVLJANJE MAKROFITOV .....	62
<b>8.</b>	<b>SKLEPI.....</b>	<b>64</b>
<b>9.</b>	<b>POVZETEK.....</b>	<b>65</b>
<b>10.</b>	<b>VIRI.....</b>	<b>67</b>
<b>11.</b>	<b>ZAHVALA.....</b>	<b>73</b>
<b>12.</b>	<b>PRILOGE .....</b>	<b>74</b>
12.1	PRILOGA A.....	74
12.1.1	Podatki fizikalno kemijskih meritev .....	74
12.2	PRILOGA B .....	75
12.2.1	Zemljevid območja reke Rižane in vzorčna mesta fizikalno – kemijskih parametrov in odsekov popisovanj vodnih makrofitov.....	75

12.3	PRILOGA C .....	76
12.3.1	Ocena habitata .....	76
12.4	PRILOGA D .....	77
12.5	PRILOGA E .....	78
12.5.1	Ocena abundance makrofitskih vrst s 5 – stopenjsko lestvico .....	78
12.5.2	Rastne oblike rastlinskih vrst .....	78
12.6	PRILOGA F .....	79
12.6.1	Abundanca makrofitov v Rižani .....	79
12.7	PRILOGA G .....	80
12.8	PRILOGA H .....	81
12.8.1	Slovenska različica RCE metode (Petersen 1992) .....	81
12.9	PRILOGA I .....	83
12.9.1	Širša okoljska ocena Rižane .....	83
12.10	PRILOGA J .....	84
12.10.1	Ocena habitata za reko Rižano .....	84
12.11	PRILOGA K .....	85
12.11.1	Slovenska različica RCE metode (Petersen 1992) .....	85
12.12	PRILOGA L .....	87
12.12.1	Širša okoljska ocena reke Rižane .....	87



## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica št. 1: Petstopenjska lestvica za oceno zastopanosti vrste in povezanost masnega indeksa ter dejanske biomase (povzeto po Pall in Janauer, 1995) .....	26
Preglednica št. 2: Seznam rastlinskih vrst, popisanih v izbranem vodotoku .....	35
Preglednica št. 3: Razporeditev in pogostost makrofitov vodotoka Rižana.....	37
Preglednica št. 4: Lastne vrednosti, kumulativni pojasnjeni odstotki varianc in korelacijski koeficienti obdelanih podatkov .....	42
Preglednica št. 5: Širša okoljska ocena vodotoka Rižana .....	46

**KAZALO SLIK**

Slika 1: Izvir Rižane na Vzročku (levo) in zgornji del toka Rižane (desno), junij 2005 .....	18
Slika 2: Grajene brzice na Rižani, junij 2005.....	18
Slika 3: Spreminjanje nivoja vode v strugi Rižane. Običajni pretok vode v Rižani (levo) ter povečani pretok vode 24 ur po močnem deževju (desno), oktober 2005.....	18
Slika 4: Levi krak vodotoka Rižana, zapornice, ki regulirajo količino vode v strugi, ki se končuje v Škocjanskem zatoku. Običajni pretok čez zapornice (levo) in povečni pretok (desno) 24 ur po močnem deževju.....	19
Slika 5: Drugi krak Rižane, Srmin .....	19
Slika 6: Krak Rižane, Škocjanski zatok .....	19
Slika 7: Zemljevid področja in vzorčna mesta za fizikalno kemijske dejavnike .....	24
Slika 8: Temperatura vode v vodotoku Rižana v času vzorčenja .....	30
Slika 9: Koncentracija kiska v vodotoku Rižana v času vzorčenja.....	31
Slika 10: Nasičenost vode s kisikom v vodotoku Rižana v času vzorčenja.....	31
Slika 11: Električna prevodnost vode v vodotoku Rižana v času vzorčenja.....	32
Slika 12: pH vodotoka Rižane v času vzorčenja.....	33
Slika 13: Vsebnost nitratnih ionov v vodotoku Rižana v času vzorčenja .....	33
Slika 14: Vsebnost ortofosfatnih ionov v vodotoku Rižana v času vzorčenja.....	34
Slika 15: Relativna rastlinska masa (RPM) makrofitov vodotoka Rižana.....	38
Slika 16: Povprečni masni indeks za posamezne makrofitske taksone vodotoka Rižana (črne oznake – MMT, bele oznake – MMO) .....	38
Slika 17: Razmerje povprečnih masnih indeksov MMT in MMO v vodotoku Rižana; d = 0,5 pomeni, da je bil takson prisoten v polovici pregledane struge, d = 1 pomeni, da je bil takson prisoten v celotni dolžini pregledane struge.....	39
Slika 18: Ordinacijski diagram z izbranimi dejavniki okolja in makrofitskimi taksoni .....	44
Slika 19: Ordinacijski diagram z izbranimi dejavniki okolja in odseki vodotoka .....	45
Slika 20: Število točk in kakovostni razred za posamezen odsek za vodotok Rižana. ....	48
Slika 21: Struktura brega v prvem kraku izbranega vodotoka Rižana, ki se izteka v Škocjanski zatok .....	49
Slika 22: Struktura brega v drugem kraku izbranega vodotoka Rižana, ki se izteka v Luki Koper ..	50

Slika 23: Tip sedimenta v prvem kraku izbranega vodotoka Rižana, ki se izteka v Škocjanski zatok .....	51
Slika 24: Tip sedimenta v drugem kraku izbranega vodotoka Rižana, ki se izteka v Luki Koper .....	51
Slika 25: Hitrost vodnega toka v prvem kraku izbranega vodotoka Rižana, ki se izteka v Škocjanski zatok .....	52
Slika 26: Hitrost vodnega toka v drugem kraku izbranega vodotoka Rižana, ki se izteka v Luki Koper .....	53
Slika 27: Uporaba okolja za prvi krak izbranega vodotoka Rižana, ki se izteka v Škocjanski zatok .....	54
Slika 28: Uporaba okolja za drugi krak izbranega vodotoka, ki se izteka v Luki Koper .....	54
Slika 29: Pojavljanje in razporeditev rastline Groenlandija densa (L.) Fourr. (Potamogeton densus L.) oz. gostolistne dirstavke .....	56

## 1. UVOD

Slovenija je po količini vode, ki se pretaka na površini in pod njo, vodnata dežela in njene površinske vode lahko po njihovih geografskih, hidroloških, kemijskih in bioloških lastnostih opišemo kot pestre. Celotna Slovenija je zelo raznolika tako geološko kot tektonsko 69 % je gorskega in hribovitega sveta, od koder slovenski vodotoki sprejemajo glavnino vod, 43 % ozemlja ima kraški značaj, 40 % površine je pod vplivom erozije, ki povzroča prodonosnost in kalnost voda. Voda z 80 % ozemlja Slovenije odteka proti črnomorskemu povodju oziroma povodju Donave, ki vključuje porečja Save, Drave in Mure, s preostalega ozemlja pa voda odteka proti Jadranskemu morju, kjer največji del zajemajo Soča z Idrijco in Vipavo, Reka ter povodji Dragonje in Rižane (ARSO, 2007).

Vodotoki so vse podzemne in površinske tekoče vode (Tome, 2006). V Sloveniji je največ hudourniških vodotokov, za katere so značilne hitre spremembe pretoka in s tem povečana prodonosnost, obenem pa velika samočistilna sposobnost. Na značilnosti tekočih voda vplivajo abiotiski in biotski dejavniki. Med prve uvrščamo morfološke, hidrološke, geološke, kemijske in podnebne dejavnike. Od biotskih naj omenimo delovanje življenjskih združb – predvsem bioprodukcijo in biorazgradnjo organskih snovi, ter človekov vpliv (Tome, 2006). Vodotoki so kot vsi drugi ekosistemi odprti, v njih se energija in snov vzdolž toka izmenjujeta med reko, porečjem in atmosfero (ARSO, 2006).

Obremenjevanje in onesnaževanje slovenskih voda sta imela v Sloveniji podobno pot kot v razvitem svetu (Grbović, ARSO, 2007; Riis, 2001). Najprej so bile vir onesnaženja pretežno biološko razgradljive komunalne odpadne vode. Industrializacija je prinesla drugačne vire onesnaženja. Sestava odpadnih voda je postajala kompleksnejša in nevarnejša, količina pa je narasla, tako da samočistilna sposobnost odvodnikov večinoma ni bila zadostna.

Za ugotavljanje ekološkega stanja voda se izvaja monitoring življenjskih združb oziroma bioloških elementov kakovosti, ki so:

- sestava in številčnost vodnega rastlinstva,
- sestava in številčnost bentoških nevretenčarjev,
- sestava, številčnost in starostna struktura rib in
- sestava, številčnost in biomasa fitoplanktona (dodatno za stoječe vode).

Prav tako so pomembni še hidromorfološki in fizikalni ter kemijski elementi (Grbović, ARSO, 2007).

Vegetacija vodnih makrofitov je pri ocenjevanju stanja rek zelo uporabno orodje. Makrofitsko populacijo lahko enostavno in hitro raziščemo. Kemijske analize so pokazatelji le trenutnega stanja ob trenutku vzorčenja in se lahko hitro spreminjajo (Hauray, 1996). Zato je potrebno za pridobitev podatkov o dejanskem stanju vodotoka upoštevati tudi biološko oceno kvalitete voda, ki vključuje življenjske združbe, ki so posledica medsebojnega delovanja biotskih in abiotskih dejavnikov.

Področje voda urejajo v Republiki Sloveniji (RS) trije osnovni zakoni: Zakon o varstvu okolja, Zakon o vodah in Zakon o ohranjanju narave. Zakoni urejajo za stanje voda in vodnega okolja najpomembnejše vsebine, in sicer varstvo in rabo voda ter vodnega in obvodnega prostora, urejanje voda in varstvo od voda odvisnih ekosistemov. Ekološko stanje mora vključevati oceno bioloških skupnosti, habitatov in hidroloških značilnosti voda ter analize fizikalnih in kemijskih parametrov (Grbović, ARSO, 2007).

Ugotovljeno stanje pomeni podlago za pripravo in izvajanje celovitih programov ukrepov za izboljšanje stanja, katerih namen je predvsem odprava onesnaženj s prepovedanimi snovmi tako iz industrije kakor tudi iz kmetijstva, varstvo virov pitne vode glede količin in kakovosti, racionalna in trajnostna raba voda, poleg tega pa tudi izboljšanje ekološkega stanja voda.

V ozki dolini, po kateri teče reka Rižana, potekajo tudi glavne prometne poti, ki povezujejo Slovensko Istro z notranjostjo države. Največja nevarnost za onesnaženje izvira so zato nenadzorovana in nepredvidljiva dogajanja v območju vodovarstvenih pasov. Ta lahko usodno vplivajo na kakovost vode na izviru in s tem na zagotavljanje potrebnih količin pitne vode za prebivalce obalnih občin (RVK, 2005).

Zajetje izvira Rižane se nahaja približno 500 metrov pod magistralno cesto Gračišče - Rižana, na samem izviru reke. Zajetje zajema primarni izvir reke Rižane, ki se steka v cevovod in preliva v jezero, ter sekundarne vire reke Rižane, ki izvirajo v akumulacijskem jezeru, in izvire pod jezom. Zajetje sodi v prvi vodovarstveni pas, kar pomeni, da je pod najstrožjim režimom varovanja (RVK, 2005).

Makrofiti so indikatorji stanja celotnega vodotoka in pokazatelji kakovosti voda (Directive 200/60/EC; Pravilnik o metodologiji..., 2003). Makrofiti so vaskularne vodne rastline, ki so nedvoumno povezane s spremembami v vodnem kemizmu (Robach, et al., 1996). Na onesnaževanje se odzivajo podobno kot ostali organizmi. Najbolj jih prizadane organsko onesnaženje. Ker je vedno več vodotokov obremenjenih, so številne vodne rastline postale redke, ranljive in tudi ogrožene, nekatere pa so kot posledica neugodnih razmer celo izumrle (Preston, 1995). Glede na različne vzorce razporejanja makrofitov lahko določimo indikatorsko vrednost posamezne vrste glede na stopnjo organskega onesnaženja.

V dosedanjih raziskavah je bilo dovolj bioloških dokazov, da so makrofiti primerni za uporabo pri ocenjevanju kakovosti vodnega telesa (Robach, et al., 1996). Makrofiti so pritrjeni, manj je vrst in omogočajo oceno stanja tako vodotoka kot sedimenta (Gaberščik, 1997). Poznati moramo vrstno sestavo, gostoto populacije, sezonske spremembe v rečni strugi in diverziteto združbe v naravnem (neonesnaženem) vodotoku (RVK, 2005).

## 2. DELOVNE HIPOTEZE

Reka Rižana je najbolj vodnata reka koprškega primorja. Prispevno območje predstavlja velik del kraškega območja s prepletom površinskih voda s ponikalnicami. Rižana teče po raznoliki pokrajini - od neokrnjene do mesta, kjer se izmenjujejo obdelovalne površine, cestne povezave, železnica in industrija. Rečna struga je obraščena z vegetacijo. Na posameznih odsekih je viden vpliv onesnaževanja iz antropogenih virov.

Namen naloge je:

- ugotoviti pojavljanje, razporeditev in pogostost makrofitov v reki Rižani vzdolž celotnega toka,
- ugotoviti, kako na pojavljanje makrofitov vplivajo fizikalni in kemijski dejavniki,
- ugotoviti stanje širšega vodnega okolja,
- ugotoviti povezavo med okoljskimi razmerami in pojavljanjem makrofitov.

Glede na navedeno predvidevamo:

- da bo v Rižani velika pestrost makrofitov,
- da na diverzitetu in abundanco makrofitov pomembno vplivajo fizikalni, kemijski in drugi okoljski dejavniki,
- da je diverzitetu in abundanca makrofitov manjša v predelih, kjer je večji antropogeni vpliv.

### 3. PREGLED OBJAV

#### 3.1 VODOTOKI IN ŠIRŠE OKOLJE VODOTOKOV

Lotični ekosistemi ali tekoče vode so najbolj dinamični ekosistemi na celinah. Reka je definirana kot večja tekoča voda, ki ima pretok večji od  $20 \text{ m}^3/\text{s}$ , se izliva v morje ali ponikne (Toman, 2004). Značilno dinamičnost reke ustvarja spreminjanje strmca z brzicami, slapovi in drugimi fizičnimi ovirami. Na vodnatost reke vpliva predvsem padavinski režim, ki se glede na majhnost Slovenije razlikuje po področjih. Največ padavin je na zahodu države, velik pomen v Sloveniji pa imajo še jugo-zahodni vetrovi, ki padavinske razmere najbolj oblikujejo. Pomembno vlogo na kakovost vode ima porečje, ozemlje s katerega eden ali več rečnih sistemov odvajajo vodo. V urbanih okoljih porečje določa kakovost vode, njen kemizem in združbe, ki v njej uspevajo. Rižana spada v manjše Jadransko povodje, ki zajema 19 % ozemlja, s katerega rečni sistemi v Sloveniji odvajajo vodo (Kunaver, Drobnjak et al., 1996).

Rečni sistemi so 4-dimenzionalni sistemi (Toman, 2004). Štiri dimenzije zajemajo lateralne vplive, longitudinalne spremembe, vertikalne spremembe in povezave ter časovne spremembe. Lateralni vpliv temelji na povezavi struge s poplavno ravnico; voda iz struge z nihanjem vodostaja, vpliva na obrežni pas. Z regulacijami lahko to povezavo prekinemo. Vertikalne spremembe zajemajo zvezo med hiporeikom in strugo, ki s svojo znatostjo in debelino vpliva nanjo. Povezava deluje tudi v obratni smeri. Longitudinalne spremembe so spremembe življenjskih združb. Poznati moramo pretok, da lahko določimo volumen vode, ki potuje od izliva do izvira in vpliva na združbi makrofitov in makroinvertebratov, ki sta tesno povezani (Egertson et al., 2004). Časovne spremembe se nanašajo predvsem na prilagoditve organizmov na lokalne spremembe hitrosti vodnega toka in kemizma vode (Riis in Biggs, 2003).

Rečna struga je del, ki je vedno omočen (Toman, 2004), lahko je stalne oblike ali spremenljiva. Spremenljivost je vezana na hidrologijo, na nastajanje prodnih naplavin in poplavnih ravnin. S spreminjanjem struge se spremenijo erozijska dejavnost, tok, smer in kot posledica vsega tudi kemična sestava vode (Riis in Biggs, 2003). Voda v strugi je medij, ki določa stik med delom kopnega, kjer uspeva vegetacija, ki ne seže v vodo, in makrofiti v vodi. Spreminjanje vodostaja je posledica podnebja. Odvisno je od količine padavin, razgibanosti reliefa, kameninske sestave tal in vegetacije. Pomembno vlogo pri oblikovanju lastnosti vodotoka ima prispevno območje, obrežna



vegetacija in hidrološki procesi (Wharton, 2000). Vsak antropogeni poseg v vegetacijo je ravno tako poseg v rečni režim, erozija vpliva na kemizem reke.

### 3.2 RAZMERE V VODNEM OKOLJU, KI POMEMBNO VPLIVAJO NA RAST IN RAZVOJ MAKROFITOV

Vodno okolje se od kopenskega zelo razlikuje. Glede nekaterih dejavnikov so makrofiti pred kopenskimi rastlinami v prednosti. Na rast makrofitov namreč vplivajo dejavniki, ki z medsebojnimi interakcijami ustvarjajo določeno okolje v katerem uspevajo (Mackay et al., 2003). Nekateri dejavniki so izredno spremenljivi. Njihove spremembe lahko pomenijo slabše razmere za makrofite (LeRoy Poff et al., 1997). Prednosti vodnega okolja so predvsem v možnostih absorpcije in vodnega režima. Kompeticija v vodnem okolju je manjša, manj je obžiralcev in epifitov, ker jih odplavlja vodni tok. V tekočih vodah lahko izpostavimo spreminjanje vodostaja, ki se spreminja sezonsko in v odvisnosti od padavin. Spreminjanje vodostaja potegne za seboj spremembe drugih dejavnikov, kot je npr. hitrost vodnega toka, kar lahko povzroči mehanske poškodbe na rastlinah v strugi, ki nimajo dodatnih opornih tkiv (LeRoy Poff et al., 1997). Izpostaviti velja še ostale neugodne dejavnike, kot so pomanjkanje svetlobe, plinov, predvsem kisika in lahko tudi mineralnih snovi.

#### 3.2.1 Hidromorfološki dejavniki

Izvir reke je stik podzemne in površinske vode. Temperatura na izviru je bolj ali manj konstantna, pozimi relativno topla, poleti hladna, saj predstavlja povprečno letno temperaturo kraja. Tudi kemijske značilnosti izvira so specifične. Povišane so koncentracije raztopljenega CO<sub>2</sub>, koncentracija kisika je majhna, v vodi je malo raztopljenih snovi. CO<sub>2</sub> difundira v zrak takoj na površju, zato so na izvirskem predelu pogosto mahovi. Voda se hitro obogati s kisikom prek difuzije. Vrstna pestrost je nizka, makrofiti na izviru nudijo ostalim organizmom bivalni prostor in hrano (Toman, 2004).

Vodni tok je pomemben dejavnik v tekočih vodah, lahko je komaj opazen do deroč. Določa hidromehanske razmere v rekah, transport snovi in odstranjevanje metabolitov. Pretok je količina vode, ki preteče skozi določen presek struge (m<sup>3</sup>/s), vezan je na nihanje vodostaja in hidrološki režim. Hitrost vode vertikalno pada z naraščanjem globine, minimalna hitrost je pri dnu (Urbanič in

Toman, 2004). Hitrost je odvisna še od pretoka, širine, globin ter granulacije usedlin. Spremembe v hitrosti vplivajo na spremembo življenjskih združb in posledično na spremembo vseh življenjskih procesov. Hitrost se spreminja na brzicah, kjer je največja, v tolmunih je najmanjša, delci se odlagajo v strugi ter ob bregovih, kjer se spreminja glede na strukturo brežine in obrasti. Miren tok pomeni daljši zadrževalni čas, hiter tok pa krajši zadrževalni čas in dviganje substrata v sam tok. Substrat je iz anorganskih in organskih delcev. Raznolikost substrata omogoča ugodnejše razmere za poselitev, kar vpliva na večjo diverzitetu. Struktura je odvisna od geološke strukture tal.

### **3.2.2 Kemijske in fizikalne lastnosti vode**

#### **3.2.2.1 Sevanje**

Za zelene rastline je svetloba nenadomestljiv vir energije za fotosintezo (Tome, 2006). Sevanje določa pojavljanje, gostoto in globinsko razporeditev rastlin ter vpliva na njihovo produktivnost. Produktivnost vodnih rastlin je manjša kot produktivnost kopenskih rastlin (Trošt-Sedej, 2005). Velik del svetlobe, ki se prebije do vodne gladine, se odbije in razprši (Westlake, 1975). Zaradi upadanja jakosti svetlobe z naraščanjem globine, rastline pod vodno gladino doseže manjši odstotek razpoložljive svetlobe kot rastline, ki niso potopljene. Poleg jakosti se spremeni tudi svetlobni spekter, daljše valovne dolžine pojenjajo (Holmes in Klein, 1987). Spremeni se razmerje med rdečo in dolgo rdečo svetlobo (Hauer in Hill, 1996). Kalnost vode ravno tako negativno vpliva na dostopnost svetlobe v vodi. Povzročijo jo suspendirani delci v vodi.

#### **3.2.2.2 Temperatura**

Na toplotne razmere v strugi vplivajo trije osnovni dejavniki. Prvi je sevanje, drugi vremenske razmere in tretji hidrologija oz. pritoki. Sončno sevanje je odvisno predvsem od oblikovanosti pokrajine in obrežne vegetacije, največkrat listopadne. Pritoki lahko glede na njihovo velikost vplivajo na temperaturo vode z dotoki toplejše ali hladnejše vode. Spremembe temperature so primarno odvisne od sezonskih sprememb, letnega cikla in dnevnih nihanj (Urbanič in Toman, 2003). Periodičnost spreminjanja temperature vpliva na življenjske združbe in ostale kemijske značilnosti, kot je saturacijska konstanta raztopljenih plinov, ter na stopnjo metabolizma organizmov (Pip, 1989). Nekateri raziskovalci dokazujejo, da temperatura ni poglaviti dejavnik, ki

vpliva na razporeditev vodnih makrofitov na določenem območju. Izkazalo se je, da imajo večji pomen svetlobne razmere, globina vode, turbulenca, kemizem vode in predvsem tip substrata.

### 3.2.2.3 pH

Vrednost pH v vodi oblikuje razmerje med prostim ogljikovim dioksidom  $\text{CO}_2$ , hidrogenkarbonatnim ionom  $\text{HCO}_3^-$  in karbonatnim ionom  $\text{CO}_3^{2-}$ . Pri nizkem pH prevladuje  $\text{CO}_2$ , pri povišanih pH-vrednostih narašča količina hidrogenkarbonatnega iona, še višje vrednosti pa so posledica naraščanja karbonatnega iona. Vodne rastline lahko izredno spremenijo pH vode z asimilacijo  $\text{CO}_2$  v procesu fotosinteze. Z respiracijo pa lahko ostali vodni organizmi vplivajo na sproščanje  $\text{CO}_2$  (Urbanič in Toman, 2003). Reke na karbonatni podlagi so pufrane in zanje je značilen pH med 7,5 in 8,2. Večja diverziteteta je povezana z večjo pufrsko sposobnostjo (Robach et al., 1996).

### 3.2.2.4 Kemijski dejavniki

#### 3.2.2.4.1 Ogljikov dioksid

V vodi se ogljikov dioksid nadomesti iz treh virov, z dihanjem vodnih rastlin in živali, iz zraka in iz bikarbonatov (Rejic, 1963). Ob zmanjševanju koncentracije  $\text{CO}_2$  pod ravnotežje začne razpadati  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , dokler se ne sprosti toliko  $\text{CO}_2$  za vrnitev v ravnotežje, istočasno pa se obori določena količina apnenca ( $\text{CaCO}_3$ ) (Rejic, 1988). Ob povečanju koncentracije  $\text{CO}_2$  pride do raztapljanja apnenca in nastanka kalcijevega bikarbonata. Oblika raztopljenega ogljika ima velik vpliv na zastopanost potopljenih rastlinskih vrst (Sand-Jensen, 1989).

#### 3.2.2.4.2 Kisik

Kisik in ostali plini v rekah zaradi turbulentnosti vodnega toka niso deficitarni, ampak so v ravnotežju z atmosferskimi koncentracijami (Urbanič in Toman, 2004). Anaerobni pogoji so omejeni na t. i. mrtve cone ter v mulju, kjer so vkoreninjeni makrofiti (Clarke, 2002). Z višanjem temperature in slanosti vode je topnost kisika v vodi manjša. V jesenskih mesecih se difuzija plinov v vodi zmanjša predvsem zaradi odmiranja rastlinskih delov in posledično zaradi razgradnih procesov saprofitskih bakterij (Urbanič in Toman, 2004). Koncentracije raztopljenega kisika se

razlikujejo v neobremenjenih in obremenjenih vodah, kjer je, z razliko od neobremenjenih voda, poraba kisika veliko večja. Nasičenost s kisikom je odvisna od temperature, zračnega tlaka in koncentracije ionov; v neobremenjenih vodotokih je nasičenost čez dan višja od 80% (Hauer in Hill, 1996). Stoodstotna nasičenost je lahko presežena, če je primarna produkcija rastlin večja od respiracije, čemur pravimo biogeno prezračevanje. To pomeni, da je fotosintezna aktivnost rastlin kot primarnih producentov višja kot respiratorna (Urbanič in Toman, 2004).

### 3.2.2.5 Nutrienti

Rastline v rekah so celostna komponenta dinamike nutrientov. Rast vodnih makrofitov v reki ima pomembno vlogo tako v sami strukturi struge kot habitata in procesov, ki se v njej dogajajo. Z visoko prisotnostjo spreminjajo tok vode, sediment in procese kroženja nutrientov, zato so izredno pomembni za celotni sistem (Clarke, 2002). Kroženje nutrientov najbolj poznamo iz lentičnih sistemov, kjer so bili najbolj raziskani. Vendar se konvencionalno razmišljanje o kroženju nutrientov v jezerih ne da uporabiti pri razlagi kroženja v lotičnih ekosistemih. Voda v rečnih sistemih se pomika s tokom navzdol, vsako kroženje je zamaknjeno od prejšnjega. Prejšnje dejstvo je bilo vodilo koncepta o spiralnem kroženju nutrientov v rekah (Newbold, 1992). Najpomembnejši hranili, ki ju potrebujejo primarni producenti, sta dušik ( $\text{NO}_3^-$ ) in fosfor ( $\text{PO}_4^-$ ) (Rejic, 1988).

#### 3.2.2.5.1 Dušik

V vodi je anorganski dušik prisoten v več oblikah, kot amonij ( $\text{NH}_4$ ), nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) in nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ). Avtotrofni organizmi nitrat neposredno asimilirajo in vgrajujejo v lastne celične proteine s privzemanjem iz vode in usedlin. Nitratni ioni so pogosto prisotni v naravnih vodnih telesih - najpogosteje kot končni produkt aerobne razgradnje organskih dušikovih spojin. Naravni viri dušika so spiranje površin, odmrli deli rastlin in živali. V neonesnaženih vodah so spremembe v koncentracijah nitratov posledica primarne produkcije in odmiranja organizmov, vrednosti pa ne presežejo 1 mg/L. Koncentracije nad to mejo so posledica spiranja iz gnojnih kmetijskih površin, komunalnih in industrijskih odpadnih voda (Urbanič in Toman, 2004).

#### 3.2.2.5.2 Fosfor

Fosfor je limitirajoči dejavnik v tekočih vodah. Je bistven element za žive organizme in omejujoč dejavnik rasti rastlin. Fosfor, vezan kot ortofosfat in polifosfat, ter v trdnih organskih spojinah. Je redko adsorptiven v tekočih vodah.

#### 3.2.2.6 Električna prevodnost

Elektroprevodnost je sposobnost vode, da prevaja električni tok. Odvisna je od temperature vode in koncentracije ionov v vodi ter njihovih značilnosti. V s hranili obremenjenih vodnih telesih je prevodnost višja, ker je praviloma večja količina nabitih delcev. Vrednosti so v letnem ciklu najvišje jeseni, zaradi intenzivne razgradnje in nizke izgradnje ter zaradi nizke svetlobne intenzitete in nizkih temperatur (Urbanič in Toman, 2004). Vrednosti električne prevodnosti tekočih voda na karbonatni podlagi so od 400 do 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Robach et al., 1996). Padavine imajo ponavadi učinek redčenja in zmanjšujejo koncentracije, v primorskih vodotokih pa je naravna prevodnost nekoliko povišana ravno zaradi padavin, ki iz ozračja spirajo aerosole in bogatijo celinske vodotoke s klorovimi ioni (Urbanič in Toman, 2004).

### 3.3 MAKROFITI – RASTLINE VODNEGA OKOLJA

Vodne rastline niso ekološko enotna skupina, delimo jih na podlagi vezanosti na vodno okolje (Martinčič, 2003). Vendar vse, s prostim očesom vidne rastline, prilagojene na življenje v vodi, imenujemo makrofiti. To je skupina, ki ji poleg kritosemenk, praproti in mahov prištevamo še nitaste alge in parožnice. Slednje lahko uvrstimo v skupino makroskopskih alg. Makrofiti so, z izjemo alg, izvorno kopenske rastline, ki so se na življenje v vodi delno ali popolnoma prilagodile (Wetzel, 1990) s pomočjo specifičnih anatomskih in morfoloških prilagoditev zaradi delovanja vodnega okolja. Fotosintetski organi teh rastlin so vedno ali občasno potopljene ali pa plavajo na vodni površini. V reprodukcijskem obdobju jih je še vedno večina odvisna od zraka (Les et al., 1997).

Glede na rastno obliko, način pritrditve in položaj v vodnem stolpcu jih lahko po Shulthorpu (1967) (Fox, 1992) razdelimo v štiri osnovne skupine:

- emerzni makrofiti ali helofiti (močvirske rastline)

So ukoreninjeni, razvijejo asimilacijske površine, večina listnega in stebelnega tkiva je nad vodno površino (primeri *Phragmites australis*, *Typha latifolia*, *Hippuris vulgaris*, *Schoenoplectus lacustris*).

- natantni (plavajoči) ukoreninjeni makrofiti

Večina listov teh rastlin plava na površini, nekaj je lahko tudi potopljenih (*Nymphaea alba*, *Nuphar luteum*, *Potamogeton natans*, *Trapa natans*).

- natantni (plavajoči) neukoreninjeni makrofiti

Imajo značilne plavajoče liste ali stebila; ker niso ukoreninjeni v substrat, prosto plavajo v vodi ali na vodni površini (*Lemna minor*, *Spirodela polyrrhiza*, *Eichornia crassipes*).

- submerzni ali potopljene makrofiti (ukoreninjeni ali neukoreninjeni)

Zanje je značilno, da so vegetativna tkiva potopljena. Lahko so nepritrjeni (*Lemna trisulca*, rod *Utricularia*, *Ceratophyllum demersum*...) ali pa pritrjeni v substrat (*Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton filioformis*, *Potamogeton crispus*, *Ranunculus circinatus*,...)

Nekatere rastline se pojavljajo na kopnem in v vodi ter imajo amfibijski značaj (Hutchson, 1975). Rastejo lahko popolnoma potopljene, in ob razmerah, ko se vodna gladina zniža do take mere, da je večina rastline izven vode (Germ, 2002). Razvile so značilne morfološke in biokemijske prilagoditve, ki omogočajo nemoten potek fizioloških procesov (Germ in Gaberščik, 2003). Zanje je značilna heterofilija, pojav, ko se na isti rastlini razvije več različnih oblik listov, ki imajo v povezavi s tem tudi različne funkcije (Trošt, 2005). Sem uvrščamo naslednje vrste: *Polygonum amphibium*, *Alisma plantago aquatica*, *Sagittaria sagitifolia*, *Mentha aquatica*, *Sium latifolium*.

### 3.3.1.1 Anatomske prilagoditve na vodno okolje

Najpomembnejša omejujoča dejavnika za uspevanje v vodnem okolju sta dostopnost svetlobe in počasnejša difuzija plinov v primerjavi s kopnim (Maberly in Spence, 1989). Ukoreninjeni makrofiti lahko privzemajo hranila tako iz vode kot iz substrata (Madsen in Breinholt, 1995).

Vodne rastline imajo niz specifičnih anatomskih in morfoloških prilagoditev, ki so nastale zaradi vodnega okolja. Vodno okolje se od kopnega močno razlikuje. Ima nekatere prednosti predvsem pri absorpciji različnih snovi, pri ohranjanju vodnega režima in ustaljenih razmer, čeprav se nekateri parametri veliko bolj spreminjajo v vodi kot na kopnem. Po drugi strani je v vodi tudi nekaj neugodnih dejavnikov, kot so pomanjkanje svetlobe, plinov in včasih tudi mineralnih snovi (Trošt-Sedej, 2005).

Emerzni makrofiti tekočih voda so izpostavljeni velikim hidrodinamičnim silam, zato so potrebne tudi različne anatomske prilagoditve, ki zmanjšajo fizične poškodbe in vpliv vodnega toka (Sand-Jansen, 2003).

Vse vodne rastline imajo razvito zračno tkivo ali aerenhim. Aerenhim je sistem zračnih prostorov, ki poteka iz listov skozi peclje in steblo do korenin oz. korenik (Hutchinson, 1975). Tako tkivo omogoča učinkovito difuzijo plinov in njihovo shranjevanje ter obnavljanje med mesti fotosinteze, respiracije in fotorespiracije (Wetzel, 2001). V določeni meri nadomešča tudi mehansko tkivo. Zmanjšuje specifično težo listov, povečuje vzgon in omogoča primerno lego (Trošt-Sedej, 2005).

## Listi

Največje spremembe in prilagoditve so opazne pri potopljenih listih (Trošt-Sedej, 2005). Rastline v vodi se morajo prilagoditi predvsem na manjšo vsebnost prostega CO<sub>2</sub>, kar se kaže predvsem v večanju listnih površin glede na volumen in v povečanju števila fotosinteznih celic na mestih, ki so v stiku z okoljem (Racio, 2002).

Listi so enostavni, večkrat iz nekaj plasti celic (Fox, 2004). Listi so tanki, podaljšani, trakasti ali zelo deljeni, kar jim omogoča dovolj fleksibilnosti, da jih vodni tok ne poškoduje (Cronk in Fennessy, 2001). Razmerje med površino in volumnom lista je povečano, zato se poveča tudi učinkovitost izmenjave plinov ter izboljša absorpcija svetlobe in hranil (Wetzel, 2001). Epidermida je enoplastna, lahko tudi manjka (rod *Elodea*), manjkajo tudi reže. Mezofil je sestavljen iz manjšega števila celičnih plasti, saj s tem omogoča lažjo izmenjavo snovi in prodiranje svetlobe. Palisadno tkivo je lahko povsem reducirano, fotosintezo izvaja parenhimatsko tkivo, ki je enotno. Največ klorofila je nakopičenega v perifernih plasteh, kar pomeni adaptacijo na zmanjšano količino svetlobe. Prevajalno tkivo je reducirano tako po obsegu prevajalnih elementov kot po dolžini žil. Podobna redukcija se je zgodila tudi pri mehanskem tkivu, ki v vodnem okolju prav tako nima več pomembne vloge (Trošt-Sedej, 2005). Listi so zato mehki in prožni (Cronk in Fennessy, 2001). Kutikula je razvita pri vseh vodnih rastlinah. Čeprav je v primerjavi s kutikulo delov, ki so nad vodo, mnogo tanjša, vseeno predstavlja oviro za izmenjavo snovi (Trošt-Sedej, 2005). Izmenjava poteka samo na posebnih mestih, ki jih imenujemo hidropote. To so mesta, kjer je kutikula izredno stanjšana. Hidropote opravljajo funkcijo rež in koreninskega sistema istočasno (Wetzel, 2001).

Listi so lahko tudi plavajoči; ker so v stiku z zrakom imajo znatno manj hidromorfoz. Plavajoči listi so enostavni, največkrat okrogle, ščitaste ali ledvičaste oblike. Kutikula je na zgornjem delu lista debela in pogosto pokrita z voskastimi plastmi (Trošt-Sedej, 2005). Pogosto so gladki in bleščeči (Wetzel, 2001). Epidermida je močno razvita, vendar enoplastna. Plavajoči listi imajo reže na zgornji strani listne ploskve, kar imenujemo epistomarni tip lista. Rež je več sto na mm<sup>2</sup>. Na spodnji strani so razvite hidropote. Mezofil je diferenciran v palisadno in gobasto plast (Trošt-Sedej, 2005). Dobro je razvito mehansko in prevajalno tkivo (Wetzel, 2001).



## Steblo

Povrhnjica pri stebelu je reducirana. Enoplastna, tanka, brez subepidermalnih krovnih tkiv. Absorpcija je mogoča samo skozi hidropote. Oporna in prevajalna tkiva so nameščena centralno, da lahko dajejo rastlini elastičnost in gibkost, ne pa trdnost, kar je v tekoči vodi prednost. Ker stebela niso toga, se izven vode zvijejo. Ker že sama voda nudi stebлом oporo, je prišlo do redukcije lignina. Kot pri listih so tudi tukaj reže redko prisotne, pogosto pa so prisotne hidropote. Previjalni sistem je reducirán zaradi okoljskih razmer. V vodnem mediju je zmanjšana koreninska absorpcija in povečana sposobnost sprejemanja snovi z vso površino. Iz enakega razloga je reducirán tudi prevajalni sistem. Reduciral se je predvsem trahealni del. Lahko se zgodi, da prave žile niso več razvite in da ostanejo le kompleksi prevajalnih elementov (Trošt-Sedej, 2005)

## Korenine

Funkcija korenin je v vodnem okolju, kjer imajo rastline sposobnost absorpcije s celotno površino, izredno zmanjšana. Redukcija korenin je posledica visokih koncentracij hranil v sedimentu, iz katerega nekatere vrste uspešno absorbirajo večje količine ionov in hranil (Mantai & Newton, 1982). Koreninski sistem je reducirán pri plavajočih rastlinah, kjer sploh ne opravlja svoje primarne funkcije pritrjanja. Absorpcija še vedno poteka, vendar v zmanjšanem obsegu. (Trošt-Sedej, 2005).

### 3.3.1.2 Kompeticija

Vrste na Zemlji živijo prostorsko ločeno med sabo – alopatrično, ali v skupnem prostoru - simpatrično (Tome, 2006). Simpatrične vrste navadno živijo v istih biotopih, imajo podobne življenjske strategije, izkoriščajo podobne dobrine, z eno besedo lahko rečemo, da imajo podobne ekološke niše. Zato med seboj pogosto tekmujejo za dobrine, preživijo pa le vrste, ki jih dobijo dovolj. Kompeticija med osebki različnih vrst je interakcija, od katere imajo načeloma vse vrste škodo. Druga drugo omejujejo pri preživetju, rasti in razmnoževanju (Tome, 2006). Rastline tekmujejo med seboj za štiri osnovne vire. Prvi vir pri kopenskih rastlinah je svetloba, drugi življenjski prostor, tretji hranila in četrti voda (Fox, 1992). Za vodne makrofite je najpomembnejši omejujoči vir svetloba. Emerzni makrofiti so večinoma v plitvih vodah, na bregovih vodnih teles in lahko prestrežejo svetlobo, preden doseže vodno površino. S tem, ko prestrežejo svetlobo, je rast

plavajočih in potopljenih rastlin onemogočena (Cronk in Fennessy, 2001). Ravno tako tudi plavajoče rastline s senčenjem in nalaganjem epifitom onemogočijo rast potopljenim makrofitom.

Makrofiti imajo tekmovalne prednosti v sposobnosti razrasti, sposobnosti izrabe bikarbonata kot vira ogljika, nekateri z asimilacijo CO<sub>2</sub> iz zraka in zgodnjo rastjo v sezoni (Murphy et al., 1990). Nekatere rastline izločajo alelopatske snovi, ki inhibirajo rast drugih rastlin, druge tolerirajo večjo organsko obremenjenost voda; v takem okolju lahko ostaneta ena ali kvečjemu dve vrsti (Fox, 1992).

Rastline, tudi vodne, so kot primarni producenti prve v vrsti prehranjevalnih verig in so izpostavljene plenilcem, v tem primeru herbivorom, skozi celotno rastno sezono. Herbivore, ki živijo v vodnem okolju, lahko najdemo med rastlinojedimi ribami, želvami iz kopenskega sveta, pa tudi med pticami in sesalci ter makroinvertebrati (insekti in polži). Mnoge rastline so razvile obrambo pred herbivori, ki je največkrat kemičnega značaja, prek sekundarnih metabolitov ali z v vodnem okolju redkejšo strukturno obrambo s trdimi listi ali trni (Cronk in Fennessy, 2001).

## 4. MESTO RAZISKAV

### 4.1 LEGA IN GEOGRAFSKE ZNAČILNOSTI VODOTOKA

Področje Slovenske Istre je revno z vodnimi viri. Reka Rižana je najpomembnejša reka v Slovenski Istri, saj predstavlja glavni in edini vir za oskrbo obalne regije. Reka Rižana je kraški vodotok; njeno povodje obsega gričevnato območje do nadmorske višine 500 m, dolga je nekaj nad 14 km.

Izvira pod kraškim robom pri cerkvi svete Marije v bližini naselja Hrastovlje, izliva pa se v Koprski zaliv zahodno od Srmina, prazgodovinske oz. zgodnjericimske naselbine (danes tankersko pristajališče v Luki Koper). Delno se izliva tudi v Škocjanski zatok.

Reka Rižana je kraška reka z vsemi lastnostmi površinskih voda. Močno je izpostavljena letnemu nihanju v količini in kakovosti vode, ki je odvisna od količine padavin (RVK, 2005; MOK, 2000).

### 4.2 GEOLOŠKA PODLAGA

Geološka podlaga terciarnih sedimentov je kredni in paleocenski apnenec, nanosi v dolinah pa so aluvialnega izvora. Flišno območje je eocenske starosti in prehaja na vzhodu v kraško območje z značilnimi apnenimi stenami.

### 4.3 TLA

Kameninske razmere so, vsaj v začetni fazi nastajanja prsti, narekovale tudi tipe tal. Na nanosih rek in potokov so se razvila težja in bolj vlažna obrečna tla. Na flišu sta nastala rendzina in rjava karbonatna tla, ki pa sta na območjih, primernih za poselitev in kmetijsko izrabo, spremenjena v rigolana tla (Ogrin, Anales, 1991).

### 4.4 ZNAČILNOSTI PODNEBJA

V Sloveniji se pojavlja submediteransko ali omiljeno sredozemsko podnebje. Submediteransko se od pravega sredozemskega loči po nekoliko nižjih povprečnih temperaturah ter drugačni razporeditvi in količini padavin. Za sredozemsko podnebje je značilna zgostitev padavin v zimskem

delu leta, kar za večji del slovenskega sredozemskega sveta ne velja. Slovenski sredozemski svet ima bistveno višje povprečne letne temperature, kot se pojavljajo v notranjosti Slovenije. Pomembno je predvsem, da so zimske temperature višje kot v notranjosti države. Povprečne julijske temperature praviloma presegajo 20 °C. Z oddaljevanjem od Tržaškega zaliva submediteranske podnebne značilnosti slabijo. Prostorska porazdelitev padavin v Sloveniji je močno povezana z njenim razgibanim reliefom. Zaradi orografskega učinka se količina padavin povečuje, ko gredo od morja proti notranjosti Slovenije in doseže maksimum na Dinarsko-Alpski pregradi. Proti severovzhodu se z oddaljenostjo od morja in orografske pregrade količina padavin zelo hitro zmanjšuje. Ob obali je letna količina padavin med 1100 in 1200 mm. Porazdelitev padavin je posledica dejstva, da v Sloveniji največ padavin pade ob vremenskih situacijah, ko se vlažne in relativno tople zračne mase prek države pomikajo z jugozahodnim vetrom. Smer premikanja zračnih mas je pravokotna na orografske pregrade, zato se ob njih zračne mase dvigajo, zrak se ohlaja in tedaj se iz njega izločajo padavine. To je vzrok da leži maksimum letnih padavin v Julijcih, kjer pade letno nad 3200 mm padavin. To območje spada tudi med najbolj namočene v Alpah in v Evropi (ARSO, 2006).

#### 4.5 HIDROLOŠKI REŽIM RIŽANE

Količina vode, ki napaja Rižano, je odvisna od vodostajev podtalnice, namočenosti zemljišča in pritokov reke Rižane. Prispevno področje Rižane meri prek 200 km<sup>2</sup>. Zaledje tvori pretežno kras s svojimi hidrogeološkimi značilnostmi. Povprečni letni pretok reke znaša 4,6 m<sup>3</sup>/s, s tem pa predstavlja najbolj vodnato reko v Koprskem primorju. Glede na količino padavin oz. letni čas se vodostaj močno spreminja; pri izviru, imenovanem Vzroček, je nihanje pretoka med 0,2 m<sup>3</sup>/s in 30 m<sup>3</sup>/s, rekordni pretok pa kar 112 m<sup>3</sup>/s. Površina porečja Rižane meri 202 km<sup>2</sup> (od tega 120 km<sup>2</sup> kraške površine). Reka ima skupno 12 desnih in 6 levih pritokov, največji so Hrastovski potok, potok Rakovec ter Martežin. Spomladanski vodostaji so visoki, medtem ko poleti nenadoma presahnejo in to ravno v obdobjih, ko je odvzem največji. Potrebe po vodi iz reke Rižane za industrijo, kmetijstvo in pitno vodo so veliko večje, kot je razpoložljiva vodna količina (RVK, 2005).



Slika 1: Izvir Rižane na Vzročku (levo) in zgornji del toka Rižane (desno), junij 2005



Slika 2: Grajene brzice na Rižani, junij 2005



Slika 3: Spreminjanje nivoja vode v strugi Rižane. Običajni pretok vode v Rižani (levo) ter povečani pretok vode 24 ur po močnem deževju (desno), oktober 2005.



Slika 4: Levi krak vodotoka Rižana, zapornice, ki regulirajo količino vode v strugi, ki se končuje v Škočjanskem zatoku. Običajni pretok čez zapornice (levo) in povečni pretok (desno) 24 ur po močnem deževju.



Slika 5: Drugi krak Rižane, Srmin



Slika 6: Prvi krak Rižane, Škočjanski zatok

## 5. METODE DE LA

### 5.1 TERENSKO DE LO

V poletnih mesecih (junij, julij, avgust) 2005 smo reko Rižano razdelili na 36 odsekov. Ker se pri petindvajsetem odseku razdeli na dva kraka, smo ju popisali ločeno. Prvi krak je bil razdeljen na dvaintrideset odsekov, drugi na devetindvajset. Celotno strugo smo prehodili, natančno pregledovali in na ta način popisali makrofitske vrste.

Dolžino odsekov smo določali sproti vzdolž struge, glede na spremembo v strukturi struge, umetno ali naravno in spremembo v uporabi zaledja. Vsak odsek smo zabeležili z GPS-napravo (Global Position System, Garmin GPS 12). Na točnost naprave pri zaznavanju satelitov je vplivalo tako vreme kot večja poraščenost brežine in struge z večjimi drevesi.

Istočasno smo med popisovanjem makrofitov naredili še širšo okoljsko oceno vodotoka po metodi RCE ( Petersen, 1992) ter popisali habitatne parametre po klasifikaciji CORINE (Commission of the European Communities 1985, cit. po Janauer 2002).

V času popisovanja, predvsem v mesecu avgustu, je bilo vreme spremenljivo in deževno, tako da je bilo popisovanje na določenih delih kar oteženo, ker se je v štiriindvajsetih urah po koncu padavin povečal pretok vode, tok pa je s seboj odnašal substrat in z njim makrofite.

#### 5.1.1 Makrofiti

Rastna sezona makrofitov se začne v zgodnjih poletnih mesecih, takrat smo tudi začeli s popisovanjem vrst vzdolž struge. Na terenu smo se zadrževali najpogosteje v mesecu juliju in avgustu. Prehodili smo celotno dolžino struge, z izjemo nekaterih mest, ko je voda postala pregloboka. Nabrali, fotografirali in herbarizirali ali drugače konzervirali smo po en ali več primerkov vsake nabrane vrste. Na odsekih, kjer so se vrste ponavljale, smo jih samo popisali in določili njihovo abundanco po petstopenjski lestvici. Rezultate smo obdelali po metodi, ki sta jo opisala Pall in Janauer (1995).

### **5.1.2 Fizikalne in kemijske analize vode**

Na vodotoku smo določili deset vzorčnih mest, ki so si sledila po približno enakih odsekih, pazili smo, da smo izbirali raznolika mesta. Vzorčna mesta so označena na podrobnejših zemljevidih, ki so v Prilogi B.

V letu 2005 in 2006 smo v različnih letnih časih (v mesecih avgust, oktober in januar) izmerili fizikalne in kemijske parametre.

Na samem mestu vzorčenja smo izmerili:

- temperaturo vode (termometer),
- električno prevodnost (konduktometer),
- koncentracijo kisika (oksimeter),
- nasičenost s kisikom (oksimeter),
- pH (pH-meter).

Na istih vzorčnih mestih smo odvzeli vzorce vode v plastenke, dali jih označili in shranili v zamrzovalniku do obdelave v laboratoriju.

### **5.1.3 Širša okoljska ocena vodotoka**

Širšo okoljsko oceno oz. ekomorfološko stanje vodotoka smo določili po metodi RCE (River, Channel and Environment Inventory) po Petersenu (1992). Metoda zajema kriterije za ocenjevanje fizičnega in biološkega stanja majhnih vodotokov v nižinah, kjer prevladuje kmetijska dejavnost, in ocenjuje in upošteva tudi značilnosti zaledja kot prispevnega območja. Preizkušena na različnih vodotokih, se je izkazala za primerno tudi za ocenjevanje gorskih potokov in večjih rek. Mi smo uporabili prirejeno metodo RCE (Germ in sod., 2000; Urbanič in Toman, 2003).

S prirejeno metodo RCE smo za vsak odsek določili širšo okoljsko oceno. Taka ocena omogoča hitro oceno in primerjanje lastnosti med posameznimi odseki v istem ali med različnimi vodotoki.

Temelji na dvanajstih značilnostih vodotoka, ki zajemajo morfologijo struge, uporabo zaledja in lastnosti obrežnega pasu. Pri vsaki značilnosti lahko izbiramo med štirimi različnimi trditvami, ki so različno ovrednotene s točkami. Ko seštejemo vse pripadajoče točke glede na značilnosti, dobimo



seštevek, ki uvrsti odsek vodotoka v enega od petih kakovostnih razredov. Odseke smo določali glede na spremembo v strugi (ovira, naravna ali umetno zgrajena), spremembo v uporabi zaledja, spremembo v obraščeni struge ter spremembo v gostoti ali vrstni sestavi makrofitov, ki smo jih obenem popisovali.

#### **5.1.4 Ocena habitatnih parametrov**

Poleg popisa makrofitov in določitve širše okoljske ocene smo po klasifikaciji CORINE naredili tudi oceno habitatnih parametrov (Janauer, 2002). Od petih parametrov smo ocenili in popisali samo štiri, ki so bili za naše delo bolj pomembni. Osredotočili smo se na strukturo brežine, tip sedimenta, uporabo zemljišča v zaledju vodotoka in hitrost vodnega toka. Vsaka kategorija ima podkategorije, ki so različno označene. Na mestu popisovanja smo izbrali določni tip in si zapisali kodo v tabelo za terensko delo.

## **5.2 LABORATORIJSKO DELO**

Delo smo nadaljevali v laboratoriju, kjer smo s pomočjo literature določili vrste, ki jih na terenu nismo prepoznali. Za določitev zahtevnejših rastlin smo si pomagali z lupo in mikroskopom.

### **5.2.1 Fizikalne meritve in kemijske analize vode**

Drugi del laboratorijskega dela zajema del fizikalnih in kemijskih analiz, ki jih nismo naredili na terenu. V ta namen smo na vsakem vzorčnem mestu napolnili litrsko plastenko, jo označili in shranili v zamrzovalniku, dokler nismo imeli vzorcev vseh treh letnih časov. V laboratoriju smo po ustaljenem postopku določili koncentracijo nitratnih ionov ( $\text{NO}_3^-$ ) po metodi z natrijevim salicatom. Po metodi z amonmolibdatom (Urbanič in Toman, 2003) smo določili še koncentracijo ortofosfatnih ionov ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).

#### 5.2.1.1 Značilnosti vzorčnih mest

Vzorčna mesta smo izbirali glede na očitne spremembe v strugi, okolici ali obrežnem pasu. Prvo vzorčno mesto se začne na izviru, kjer se voda iz zajetja, kjer skoraj stoji, prelije prek zapornic in se Rižana začne. Drugo vzorčno mesto je na mestu, kjer reko prvič preseka cesta in je nad strugo še delujoč kamnolom. Naslednje vzorčno mesto je ob kmetijskih površinah, v zaledju je manjše naselje. Četrto vzorčno mesto smo izbrali sredi naselja, v strugo se izlivajo komunalne odplake, v strugi, ki je kanalizirana in poteka vzporedno s cesto smo našli tudi organske odpadke. Peto vzorčno mesto smo določili nekoliko stran od naselja, sicer v bližini poteka manjša lokalna cesta. Reka je na tem mestu z obeh strani obraščena z drevesi. Vzorčno mesto številka šest smo določili ob sprehajalno-kolesarski poti Parenzani in je tudi zadnje vzorčno mesto pred razcepom struge. Vzorec smo odvzeli pred napihljivim jezom, ki ga upravlja rižanski vodovod, ko regulirajo pretok vode ob naraslem toku zaradi padavin.

Na tem delu se reka razdeli na dva kraka, ki se ločeno končujeta - prvi v Škocjanskem zatoku, drugi pa obide Srminski hrib in se prek bonifike končuje v Jadranskem morju na območju Luke Koper.

Vzorčno mesto številka sedem je blizu šestega vzorčnega mesta, vendar se v kratki razdalji razmere v strugi, na brežini in v zaledju zaradi kanaliziranega dela, umetno utrjene struge in zapornic in obrasti tako spremenijo, da smo predvidevali, da se vse to odraža tudi v fizikalnih in kemijskih značilnostih vode. Osmo vzorčno mesto je na mestu, kjer se mešata rečna in brakična voda, ki je v Škocjanskem zatoku, kar se odraža tako na električni prevodnosti kot količini kisika in nasičenosti vode s kisikom.

Drugi krak se nadaljuje od napihljivega jeza naprej, deveto vzorčno mesto smo zato določili na mestu, kjer je včasih stal mlin, v njegovi neposredni bližini je izredno prometno križišče Bivje, nad vodotokom samim pa poteka viadukt avtoceste, ki povezuje Koper in Ljubljano. Zadnje, deseto vzorčno mesto je na delu, kjer reko še komaj prepoznamo. Struga poteka med polji Srminske bonifike, kjer vodo iz reke uporabljajo za namakanje polj. Struga sama se na nekaterih mestih zelo približa velikim rezervoarjem, ki jih uporabljajo za skladiščenje zemeljskega plina in naftnih derivatov. Na mestu, kjer smo odvzeli vzorec, je v neposredni bližini čistilna naprava, ki zajema samo del čiščenja, gre za mehansko odstranjevanje odpadkov. Očitno je, da se v ta del reke izliva večina komunalnih odplak na tistem območju. Po strugi navzgor, ki je umetno kanalizirana, vdira slana voda iz morja, zato sta povišani elektroprevodnost in temperatura. Na izlivu reke v morje

nismo vzorčili, saj je na območju Luke Koper, ki pa z žičnato ograjo preprečuje vstop na to območje.



Slika 7: Zemljevid področja in vzorčna mesta za fizikalno kemijske dejavnike

### 5.3 OBDELAVA PODATKOV

Podatke smo si na terenu zapisovali na za to pripravljene liste, doma smo podatke prenesli v računalniški program, večinoma MS Excel, kjer smo podatke tudi obdelali.

#### 5.3.1 Fizikalne in kemijske analize vode

Vrednosti, ki so bile izmerjene na terenu, smo zapisali na t. i. terenske liste in jih nato prenesli v tabele, ki smo jih uredili v programu MS Excel in jih prikazali na grafih.

Rezultate, ki smo jih dobili pri obdelavi vzorcev v laboratoriju, smo preračunali po formuli:

- za določitev vsebnosti nitratnih ionov:

$$\text{mg NO}_3^- / \text{l} = \text{vrednost ekstinkcije} * 9,63$$

- za določitev vsebnosti ortofosfatnih ionov:

$$\text{mg PO}_4^- / \text{l} = \text{vrednost ekstinkcije} * 1,38$$

Vrednosti, ki smo jih dobili iz preračuna, smo vnesli v tabelo (Priloga A) in izdelali grafe, ki so predstavljeni kot rezultati.

#### 5.3.2 Širša okoljska ocena vodotoka

Metoda RCE zajema 12 kategorij, po katerih smo ovrednotili posamezne odseke vodotoka. Število točk, ki so pripisane vsaki od štirih trditev posamezne kategorije, smo vpisovali na terenske liste in jih kasneje prenesli ter obdelali v programu MS Excel. Izdelali smo graf, kjer so prikazani seštevki vseh točk, ki jih je dosegel posamezen odsek (Graf 20). Ravno tako smo v programu MS Excel izdelali tabelo (Preglednica 5), kjer je preko barvne skale razvidno, kako smo točkovali vsakega izmed dvanajstih parametrov v določenem odseku.

### 5.3.3 Ocena habitatnih parametrov

Ocena habitatnih parametrov zajema ocenjevanje po klasifikaciji CORINE in popisuje 4 habitatne parametre, ki popisujejo strukturo brežine, tip sedimenta, uporabo okolja in hitrost vodnega toka. Rezultate smo popisovali sproti na terenske liste in jih prenesli v MS Excel, kjer smo podatke obdelali in izdelali t. i. tortne grafe, v katerih smo za posamezen habitatni parameter z odstotki prikazali katera karakteristika prevladuje vzdolž celotnega vodotoka. Ker se vodotok Rižana pri petindvajsetem odseku razdeli na dva kraka, ki sta različno dolga in se različno končujeta, smo popis habitatnih parametrov prikazali v dveh grafih, ločeno za vsak krak. Pri grafičnem prikazu smo upoštevali dolžine posameznih odsekov, deleži pa so prikazani glede na dejansko dolžino posameznih odsekov, kjer se pojavlja določen parameter.

### 5.3.4 Pojavljanje in pogostost makrofitov vzdolž vodotoka

V posameznem odseku vodotoka smo po petstopenjski lestvici ocenili število posameznih vrst (Pall in Janauer, 1995). Količino interpretiramo kot masni indeks (MI), ki je povezan z dejansko biomaso (PM) preko funkcije  $f(x)=x^3$  (Pall in Janauer in sod. 1995).

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

Ocena zastopanosti vrste	Masni indeks (MI) abundanca vrste	Dejanska biomasa (PM) $f(x)=x^3$
Posamična vrsta	1	1
Redka vrsta	2	8
Pogosta vrsta	3	27
Množična vrsta	4	64
Prevladujoča vrsta	5	125

RPM – relativna rastlinska masa (Pall in Janauer, 1995)

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

$RPM_x$  = relativna rastlinska masa vrste x

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

$L_i$  = dolžina rečnega odseka i

i = posamezen odsek

j = posamezna vrsta

Vrste so vzdolž vodotoka razporejene na dva načina:

1 – relativno homogena razporeditev

2 – nezvezna gručasta razporeditev

Povprečni masni indeks (MMI) nam daje bolj natančno razlago razporeditve vrst. Koliko je vrsta pomembna se, lahko prikaže iz dveh vidikov:

MMT – povprečni masni indeks vrste v vseh odsekih reke (črna oznaka na grafu)

MMO – povprečni masni indeks vrste v odsekih, kjer se vrsta pojavlja (bela oznaka v grafu)

$$MMT = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^n MI_i^3 * AL_i}{GL}}$$

$$MMO = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=x}^n MI_i^3 * AL_i}{\sum_{i=x}^n AL_i}}$$

$MI_i$  = masni indeks vrste v odseku  $i$

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

$GL$  = celotna dolžina pregledanega vodotoka

Če je  $MMT$  velik, je določena vrsta številčna in prisotna v mnogih odsekih. Višji kot je  $MMO$  glede na  $MMT$ , bolj se kaže drugi vzorec razporeditve in višja je povprečna masa vrste v odseku. Večja kot je razlika med obema, manjše je število odsekov, v katerih je vrsta prisotna.

Razmerje masnih indeksov podaja vrednost  $d$ , ki nam pove, kolikšen je delež odsekov, v katerih je vrsta prisotna.

$$d = \frac{MMT^3}{MMO^3}$$

Podatke o prisotnosti in pogostosti makrofitov vzdolž celotne dolžine vodotokov smo naredili z računalniškim programom, ki ga je po metodologiji Pall in Janauer (1995), priredil Milijan Šiško.

### 5.3.5 Kanonična korespondenčna analiza (CCA)

Kanonično korespondenčno analizo smo uporabili, da bi ugotovili kakšen je vpliv dejavnikov okolja na pojavljanje makrofitov. Ta analiza predpostavlja, da pojavljanje in številčnost vrst vzdolž nekega okoljskega gradienta sledi Shelfordovemu zakonu tolerance, ki pravi: vsaka vrsta najbolje uspeva pri določeni vrednosti spremenljivke, ki predstavlja optimum vrste. V primeru, da se vrednosti oddaljijo od optimalne za določeno vrsto, ta v spremenjenih razmerah ne more preživeti (Ter Braak in Verdonschot, 1995).

Odvisnost med okoljsko spremenljivko in številčnostjo vrste je navadno simetrično unimodalna (Ter Braak, 1987; Ter Braak in Verdonschot, 1995). Rezultati CCA so predstavljeni z ordinacijskimi diagrami, kjer je velikost vpliva določenega dejavnika prikazana z dolžino vektorja. Dejavnik najbolj vpliva na taksone, ki se nahajajo vzdolž določenega vektorja, ki ponazarja določeni dejavnik.

Ugotavljali smo, kakšne so povezave med okoljskimi dejavniki in vrstno sestavo makrofitov, med odseki reke in makrofitskimi združbami ter med okoljskimi dejavniki in rečnimi odseki.

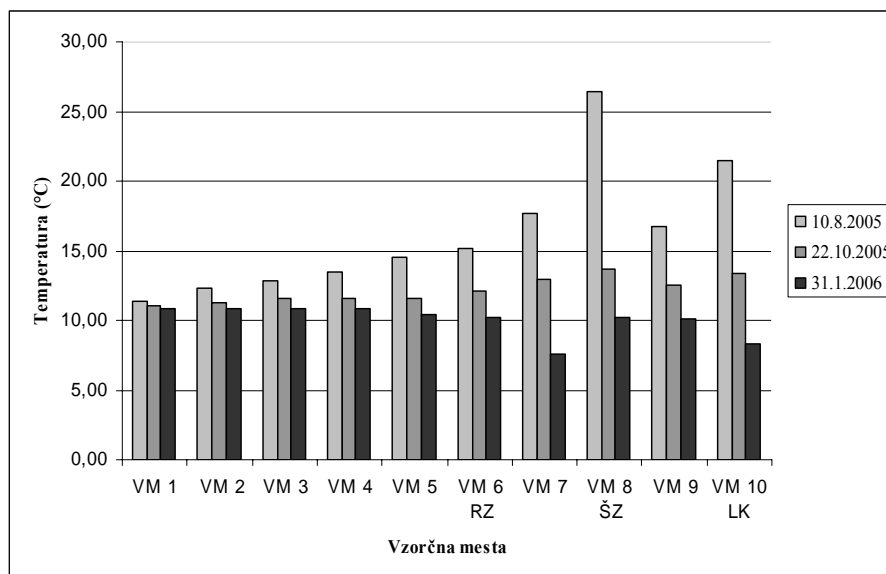
Za analizo smo uporabili program CANOCO 4.5 (Software for Canonical Community ordination verzija 4.5), del programa z metodo izbiranja (forward selection) (Ter Braak in Smilauer, 1997 – 2006). Izmed dvanajstih spremenljivk okolja smo izbrali tiste, ki pomembno vplivajo na raznolikost nič različnih vrst. Tako smo od dvanajstih izbrali sedem spremenljivk, ki značilno pojasnjujejo variabilnost združbe. Štiri, ki so bile statistično neznačilne, smo izpustili.



## 6. REZULTATI

### 6.1 FIZIKALNE IN KEMIJSKE ANALIZE VODE

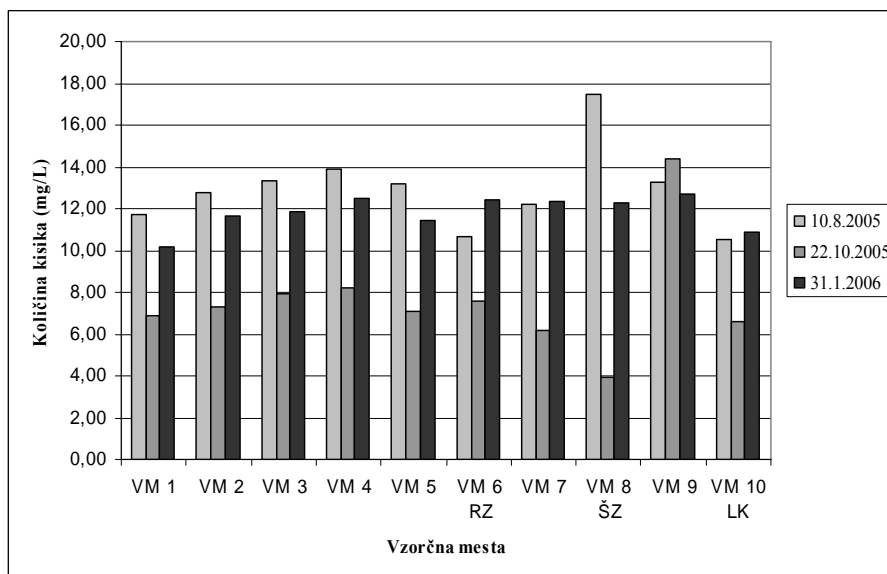
#### 6.1.1 Temperatura vode



Slika 8: Temperatura vode v vodotoku Rižana v času vzorčenja

Temperatura vode se pričakovano dviguje od izvira do izliva. Najvišje temperature so bile izmerjene v poletnem mesecu (avgustu), najnižje pa v zimskem mesecu (januarju). Na izviru ni bistvenih razlik v temperaturi vode med poletjem in zimo, saj je splošna značilnost podzemnih izvirov, da je temperatura vode enaka povprečni temperaturi kraja. Temperatura se zvezno povečuje poleti in znižuje pozimi, ko sledi vzorčnim mestom po toku navzdol. Na grafu je jasno razvidno, da po temperaturi izstopata dve vzorčni mesti: vzorčno mesto 8 s 24 °C na koncu Škocjanskega zatoka in vzorčno mesto 10, kjer se temperatura vode povzpne nad 20 °C.

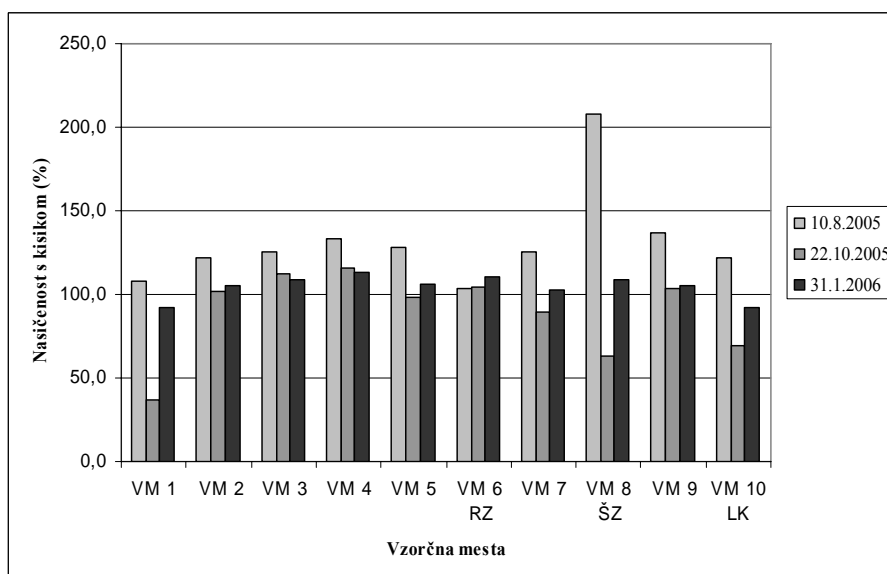
### 6.1.2 Koncentracija kisika



Slika 9: Koncentracija kisika v vodotoku Rižana v času vzorčenja

Koncentracija kisika je po izmerjenih vrednostih najvišja v poletnih mesecih (avgusta). Najnižja pa jeseni (oktobra). Najvišjo vsebnost kisika smo zabeležili na koncu Škocjanskega zatoka, poleti (17,5 mg/L), najnižjo pa na istem mestu v mesecu oktobru.

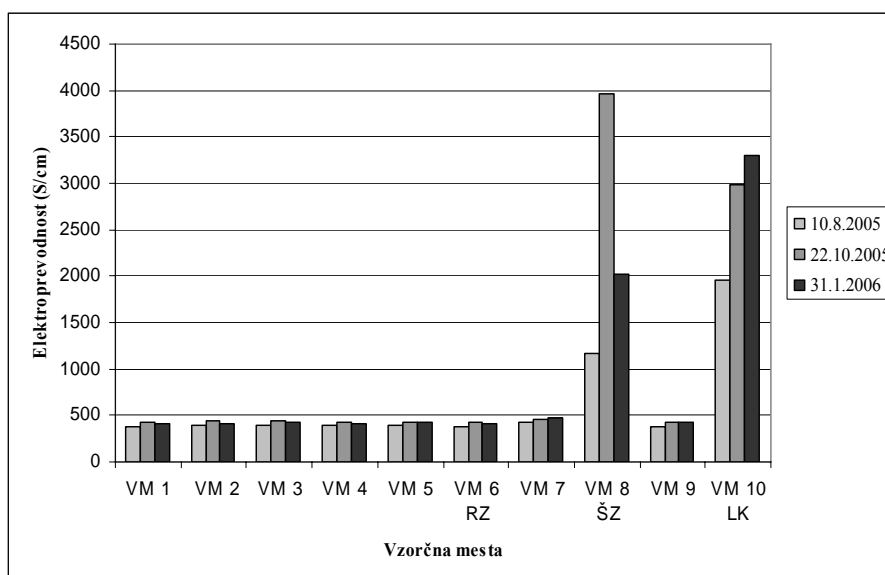
### 6.1.3 Nasičenost s kisikom



Slika 10: Nasičenost vode s kisikom v vodotoku Rižana v času vzorčenja

Podatki na grafu kažejo, da se nasičenost s kisikom v vodotoku Rižana spreminja, tako sezonsko kot po toku navzdol. Najvišje vrednosti sledijo izmerjeni koncentraciji kisika, saj so najvišje v poletnih mesecih, najnižje v jesenskih. Po najvišji vrednosti ponovno izstopa vzorčno mesto 8 (208 %), po najnižji pa jesenska vrednost na izviru (36,9 %) vzorčno mesto 1.

#### 6.1.4 Električna prevodnost

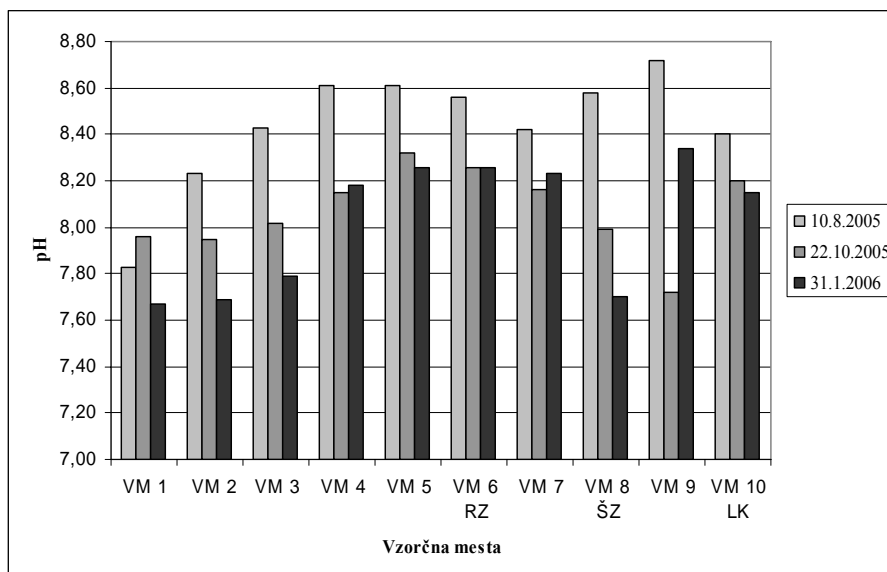


Slika 11: Električna prevodnost vode v vodotoku Rižana v času vzorčenja

Električna prevodnost je dokaj konstantna na vseh vzorčnih mestih. Iz grafa je razvidno, da so vrednosti najvišje v času drugega vzorčenja, meseca oktobra, najnižje pa v mesecu avgustu (prvo vzorčenje). Vrednosti so med 370 in 470  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Manjša nihanja elektroprevodnosti lahko pripišemo sezonskemu ciklu rastlin, ki začenjajo svojo rast v poletnih mesecih in do jeseni zaključijo svoj življenjski cikel.

Na dveh vzorčnih mestih, kjer se lahko zazna vpliv morske vode, je videti vpliv plimovanja. Izmerjene vrednosti so bile med 1170  $\mu\text{S}/\text{cm}$  in 3970  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Med plimo je večji vdor morske vode v Škocjanski zatok in po strugi navzgor na drugem kraku. Prevodnost je v tem primeru višja, kot je običajno v celinskih vodah.

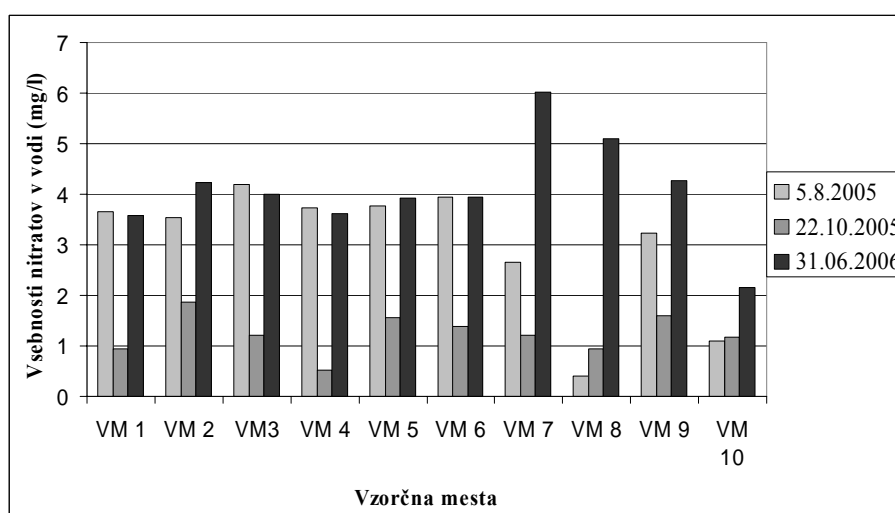
### 6.1.5 pH



Slika 12: pH vodotoka Rižane v času vzorčenja

Izmerjena vrednost pH je v razponu od 7,6 do 8,7. Najvišji pH je bil izmerjen v poletnih mesecih. Najnižji pH je na izviru, najvišji pa na vzorčnem mestu 9.

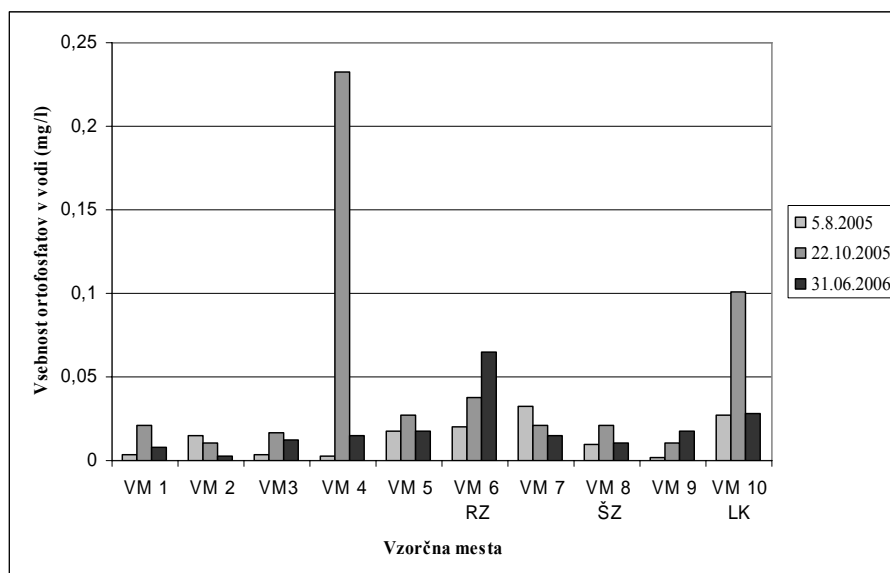
### 6.1.6 Vsebnost nitratnih ionov



Slika 13: Vsebnost nitratnih ionov v vodotoku Rižana v času vzorčenja

Vrednosti nitratnih ionov do 10 mg/l so posledica spiranja gnojnih kmetijskih površin. V vodotoku Rižana smo v zimskem času izmerili najvišje koncentracije nitratnih ionov (6,0 mg/l), najnižje pa meseca oktobra (med 0,52 in 1,80 mg/l). Padec koncentracije nitratnih ionov v jesenskem času, je lahko posledica prenehanja gnojenja okoliških kmetijskih površin in deževnega obdobja v mesecu oktobru. Večja količina padavin povzroči povišanje vodostaja ter večje odplavljanje raztopljenih snovi. Vsebnost nitratnih ionov je v poletnih mesecih nižja kot pozimi zaradi rastlin, ki raztopljene snovi aktivno privzemajo v fazi rasti.

### 6.1.7 Vsebnost ortofosfatnih ionov



Slika 14: Vsebnost ortofosfatnih ionov v vodotoku Rižana v času vzorčenja

Vsebnosti ortofosfatnih ionov je v neobremenjenih vodah manjša od 0,1 mg/l. V Rižani so vse izmerjene vrednosti z eno samo izjemo pod to vrednostjo.

Nekoliko višje vrednosti se pojavljajo predvsem v jesenskem času. Izstopa predvsem četrto in deseto vzorčno mesto. Četrto vzorčno mesto je ob naselju, kjer se v vodotok iztekajo komunalne odplake, predvsem izpusti iz gospodinjstev. Enak vzrok za povišano vrednost ortofosfatnih ionov lahko pripišemo tudi zadnjemu vzorčnemu mestu, ki je izpostavljeno komunalnim odplakam iz neposredne bližine in nekoliko bolj oddaljenih krajev, brez urejenega kanalizacijskega omrežja. Najnižje vrednosti so na predelu prvih treh vzorčnih mest, saj je vodotok dokaj oddaljen od naselij in obdan z gozdom. Vir fosfata na tem predelu je le odpadlo listje.

## 6.2 POJAVLJANJE IN RAZPOREDITEV MAKROFITOV

### 6.2.1 Prisotnost makrofitov

V vodotoku Rižana smo popisali vsega 26 različnih rastlinskih vrst, ki so navedene v spodnji preglednici.

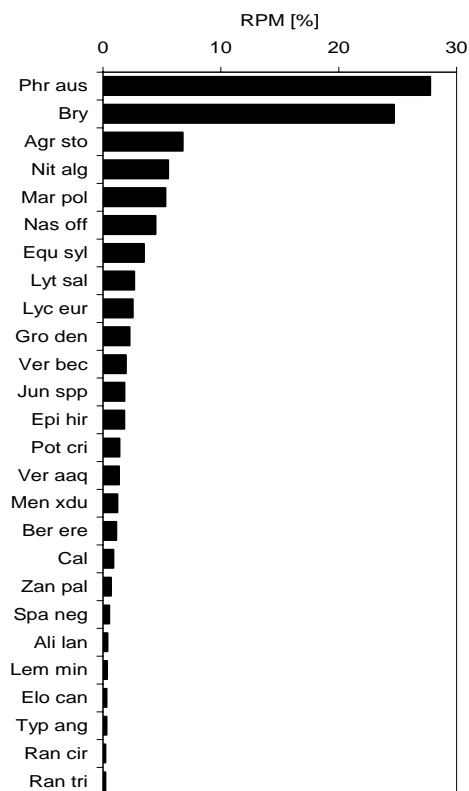
Preglednica 2: Seznam rastlinskih vrst, popisanih v izbranem vodotoku

Latinsko ime	Okrajšava	Slovensko ime	Oblika
<i>Agrostis stolonifera</i> L.	Agr Sto	plazeča šopulja	he
<i>Alisma lanceolatum</i> With.	Ali Lan	suličastolistni porečnik	he
	Nit Alg	nitaste alge	sa
<i>Berula erecta</i> (Huds) Coville	Ber Ere	ozkolistni košček	sa
<b>Bryophyta</b>	Bry	mahovi	sa
<i>Callitriche</i> sp.	Cal sp	žabji las	sa
<i>Elodea canadensis</i> L.C. Rich	Elo Can	vodna kuga	sa
<i>Epilobium hirsutum</i> L.	Epi Hir	dlakavi vrbovec	he
<i>Equisetum sylvaticum</i> L.	Equ Syl	gozdna preslica	he
<i>Groenlandia densa</i> L.	Gro den	gostolistna dristavka	sa
<i>Juncus effusus</i> L.	Jun Spp	navadno ločje	he
<i>Lemna minor</i> L.	Lem min	mala vodna leča	ap
<i>Lycopus europaeus</i> L.	Lyc Eur	navadni regelj	he
<i>Lythrum salicaria</i> L.	Lyt sal	navadna krvenka	he
<i>Marchantia polymorpha</i>	Mar Pol	studenčni jetrnjak	he
<i>Mentha x dumetorum</i>	Men xdu	hostna meta	sa
<i>Nasturtium officinale</i> R. Br. In Aiton	Nas off	navadna vodna kreša	sa
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin ex Steud.	Phr Aus.	navadni trst	he
<i>Potamogeton crispus</i> L.	Pot Cri	kodravi dristavec	sa
<i>Ranunculus circinatus</i> Sibith.	Ran Cir	razkrečanolistna vodna zlatica	sa
<i>Ranunculus trichophyllus</i> (Chaix)	Ran Tri	lasatolistna vodna zlatica	sa
<i>Sparganium neglectum</i> Beeby	Spa neg	mlahavi ježek	he

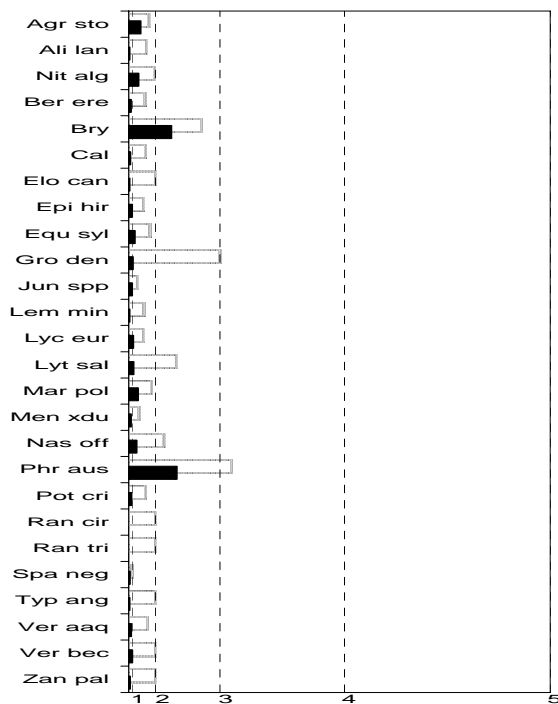
<i>Typha angustifolia</i> L.	Typ ang	ozkolistni rogoz	he
<i>Veronica anagallis-aquatica</i> L.	Ver Aaq	vodni jetičnik	he
<i>Veronica beccabunga</i> L.	Ver Bec	studenčni jetičnik	he
<i>Zannichellia palustris</i> L.	Zan Pal	močvirska vodopivka	sa



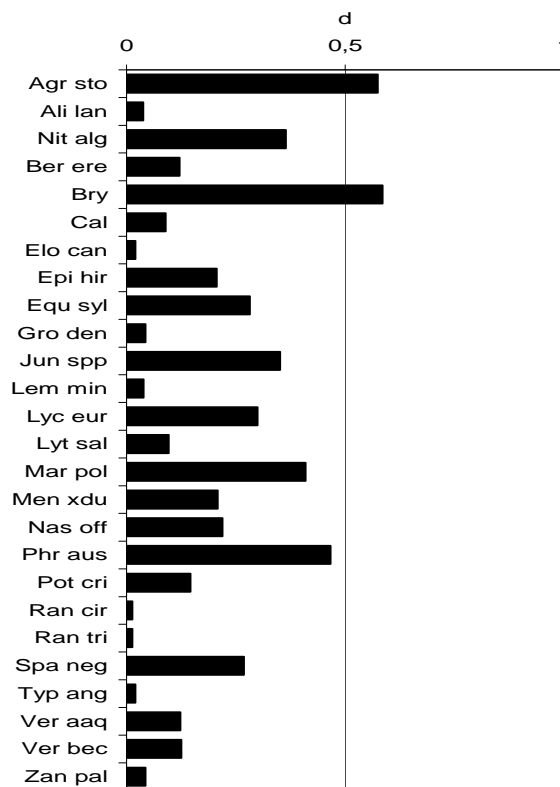




Slika 15: Relativna rastlinska masa (RPM) makrofitov vodotoka Rižana



Slika 16: Povprečni masni indeks za posamezne makrofitske taksone vodotoka Rižana (črne oznake – MMT, bele oznake – MMO)



Slika 17: Razmerje povprečnih masnih indeksov MMT in MMO v vodotoku Rižana;  $d = 0,5$  pomeni, da je bil takson prisoten v polovici pregledane struge,  $d = 1$  pomeni, da je bil takson prisoten v celotni dolžini pregledane struge

V vodotoku Rižana smo popisali na dolžini približno 14 km, 26 taksonov makrofitov. Največ rastlinskih taksonov smo popisali v odsekih 24 (15) ter 25 in 26, kar 13 vrst od 26-ih. Na teh mestih je struga najbolj raznolika, breg je položen. To so mesta, kjer je struga predeljena z naravnimi in grajenimi brzicami ter zapornicami. Do izliva se reka nadaljuje v dveh popolnoma ločenih krakih. Prvi nadaljuje svojo pot naprej od zapornic, ki bistveno znižajo hitrost vodnega toka in pa seveda pretok. Voda ima od razcepa dalje višjo temperaturo, kar vpliva na uspevanje drugih vrst makrofitov, ki jih do tedaj nismo srečali. Drugi krak reke se nadaljuje z veliko večjim pretokom, večjo hitrostjo vodnega toka in nižjo temperaturo. Struga je z razliko od prvega kraka bolj osenčena, obdajajo jo drevesa iz družine vrbovk (*Salicaceae*), najpogosteje zastopana je vrsta *Salix alba* ter vrsti *Populus tremula* in *Populus nigra*. Po nekaj 100 metrih od razcepa se tudi zaledje izredno spremeni. Rižana se izredno približa industrijskim obratom (Kemiplas in Lama Dekani) ter avtocestni povezavi Koper – Ljubljana, kar bistveno spremeni strukturo struge, ki je regulirana. Vodni tok se vidno upočasni, kar vpliva predvsem na pojavljanje makrofitovskih vrst. Del Rižane nadaljuje pot po Srminski bonifiki, ki je že od nekdaj kmetijsko območje, kjer vodo iz Rižane prek sistema kanalov uporabljajo za namakanje.

Veliko vrst smo popisali tudi v odsekih 1 (12), 2 (9) in 3 (9). Prvi trije odseki kažejo še značilnosti izvirskega dela. Tok je hiter, pretok vode je velik, struga je predeljena z dvema grajenima brzicama, ki pa ne vplivata na kvaliteto vode.

V povprečju smo v zgornjem srednjem delu in srednjem delu struge popisali 4 – 7 različnih vrst v vsakem odseku. Od odseka 27 naprej smo popisali največ vrst v odseku 33 (5), drugače pa samo eno, ki je prevladovala vrsta *Phragmites australis*. Ostali odseki so bili revni z makrofiti, struga je bila po večini neporaščena.

Najvišjo relativno rastlinsko maso (RPM) ima vrsta *Agrostis stolonifera*, ki se je pojavljala enakomerno v vseh rečnih odsekih, z izjemo spodnjih predelov struge. Zelo enakomerno so čez celotno strugo razporejene vrste iz debla *Bryophyta*, ki je bil zastopan z več vrstami, ki smo jih zaradi zahtevnega določanja združili v eno deblo. Tretja vrsta z najvišjo relativno rastlinsko maso je *Phragmites australis*, ki se sicer v zgornjem in srednjem delu struge ni pogosto pojavljala, je pa prevladovala v zadnjem delu. Najmanjšo relativno rastlinsko maso imata vrsti *Ranunculus trichophilus* in *R. circinatus*, ki sta se z majhno vrstno zastopanostjo (abundanco) pojavili samo v prvem odseku.

Najvišji povprečni masni indeks (MMO – Tabela 3), dosegajo vrste *Phragmites australis*, vrste iz debla *Bryophyta* ter vrsta *Groenlandia densa*, na četrtem mestu sledi vrsta *Lythrum salicaria*. Pri večini vrst je opazna razlika med MMO in MMT. Pri vrstah, kjer je MMO veliko višji od vrednosti MMT, je značilen gručasti vzorec razporeditve za določeno vrsto in z višjo povprečno maso taksona v odsekih, kjer smo ga popisali.

Vrste iz debla *Bryophyta* in vrsta *Agrostis stolonifera* so bile prisotne v več kot polovici odsekov, ki smo jih popisali. Za vrste iz debla *Bryophyta* je razmerje povprečnih masnih indeksov MMT in MMO  $d = 0,6$ , za vrsto *Agrostis stolonifera* je  $d = 0,58$ . Z visoko pojavnostjo jima sledijo vrste *Phragmites australis*, *Marchantia polymorpha* in nitaste alge. Osem vrst od 26 popisanih se pojavlja v samo enem ali dveh odsekih. To so *Alisma lanceolatum* (18, 24), *Elodea canadensis* (2), *Groenlandia densa* (25), *Lemna minor* (26), *Ranunculus trichophilus* in *Ranunculus circinatus* (1), *Typha angustifolia* (26) in *Zannichelia palustris* (25). Predvidevamo, da je pojavljanje posameznih

primerkov v določenih odsekih posledica okoljskih dejavnikov v tistem odseku. Najnižjo pojavnost imata vrsti *Ranunculus circinatus* in *Ranunculus trichophyllus*  $d = 0,1$ .

Splošni vtis pri popisovanju je bil, da je struga Rižane v srednjem toku bolj ali manj neporaščena, osenčenost zaradi dreves je bila velika, struga pa na številnih mestih umetno prekinjena in utrjena. Rižano lahko glede na pojavljanje makrofitov (Slika 1.) razdelimo na 3 dele. Prvi del je od izvira (odsek 1) do kamnoloma (odsek 3). V tem predelu je struga sicer na nekaterih mestih predeljena z grajenimi brzicami, vendar dokaj oddaljena od ceste in večjih naselij. Strugo obdaja gozd. Ravno tam smo našli vrste, ki so značilne za neobremenjene vode in hitrejši vodni tok, kot sta obe vrsti vodnih zlatih, *Ranunculus circinatus* in *R. trichophyllus* ter obe vrsti vodnih jetičnikov *Veronica annagalis-aquatica* in *V. beccabunga*. V spodnjih predelih struge, kjer se razmere v okolju in uporabi zaledja spremenijo, omenjenih vrst nismo več zasledili. Pojavili so se taksoni kot so žabji las, *Callitriche sp.* in *Agrostis stolonifera* ter vrste iz debla *Bryophyta*, ki so se pojavljali vzdolž celotne struge do 25-tega odseka. Od dela, kjer je reka umetno predeljena z zapornicami se razmere v obeh strugah in zaledju izredno spremenijo in s tem tudi makrofitske vrste, ki poraščajo strugo. V levem kraku, ki se končuje v Škocjanskem zatoku, se bogato razraščajo vrste, ki so značilne za počasi tekoče, skoraj stoječe toplejše vode, kot so *Lemna minor*, *Nasturtium officinalis*, *Typha latifolia* in *Elodea canadensis*.

### 6.2.3 Kanonična korespondenčna analiza CCA

Z metodo CCA (kanonične korenspondenčne analize) smo ugotavljali, katere spremenljivke okolja najboljše pojasnijo razporeditev in pogostost pojavljanja vrst makrofitov v posameznih odsekih izbranega vodotoka. Vseh spremenljivk je dvanajst:

- usedline v strugi (s\_sedim)
- zadrževalne strukture v strugi (s\_zadr)
- dno vodotoka (s\_dno)
- detrit (s\_detr)
- pojavljanje brzic, tolmunov in meandrov (s\_btm)
- struktura rečnega brega (b\_struk)
- spodjedanje brega (b\_spodj)
- vegetacija obrežnega pasu (op\_veg)
- sklenjenost vegetacije v obrežnem pasu (op\_skl)

- širina obrežnega pasu (op\_šir)
- izraba tal za obrežnim pasom (zaledje)

Pet od dvanajstih je statistično neznačilnih in sicer:

- oblika struge (s\_oblika)
- dno vodotoka
- struktura rečnega brega
- širina obrežnega pasu
- izraba tal za obrežnim pasom

Pri analizi smo uporabili sedem dejavnikov okolja, ki so navedeni zgoraj.

Preglednica 4: Lastne vrednosti, kumulativni pojasnjeni odstotki varianc in korelacijski koeficienti obdelanih podatkov

Kanonična os	1	2	3	4	skupna variabilnost
Lastne vrednosti	0.544	0.346	0.190	0.161	2.941
Korelacijski koeficient – okoljske spremenljivke	0.859	0.916	0.837	0.750	
Kumulativni pojasnjeni odstotek variance taksonov	18.5	30.2	36.7	42.2	
Kumulativni pojasnjeni odstotek variance relacije takson - okolje	39.6	64.7	78.5	90.2	

V preglednici 4 so prikazane lastne vrednosti za 4 kanonične osi, korelacijski koeficient med taksoni in okoljskimi spremenljivkami, kumulativni pojasnjeni odstotek variance taksonov in kumulativni pojasnjeni odstotek variance relacije med taksonom in okoljem.

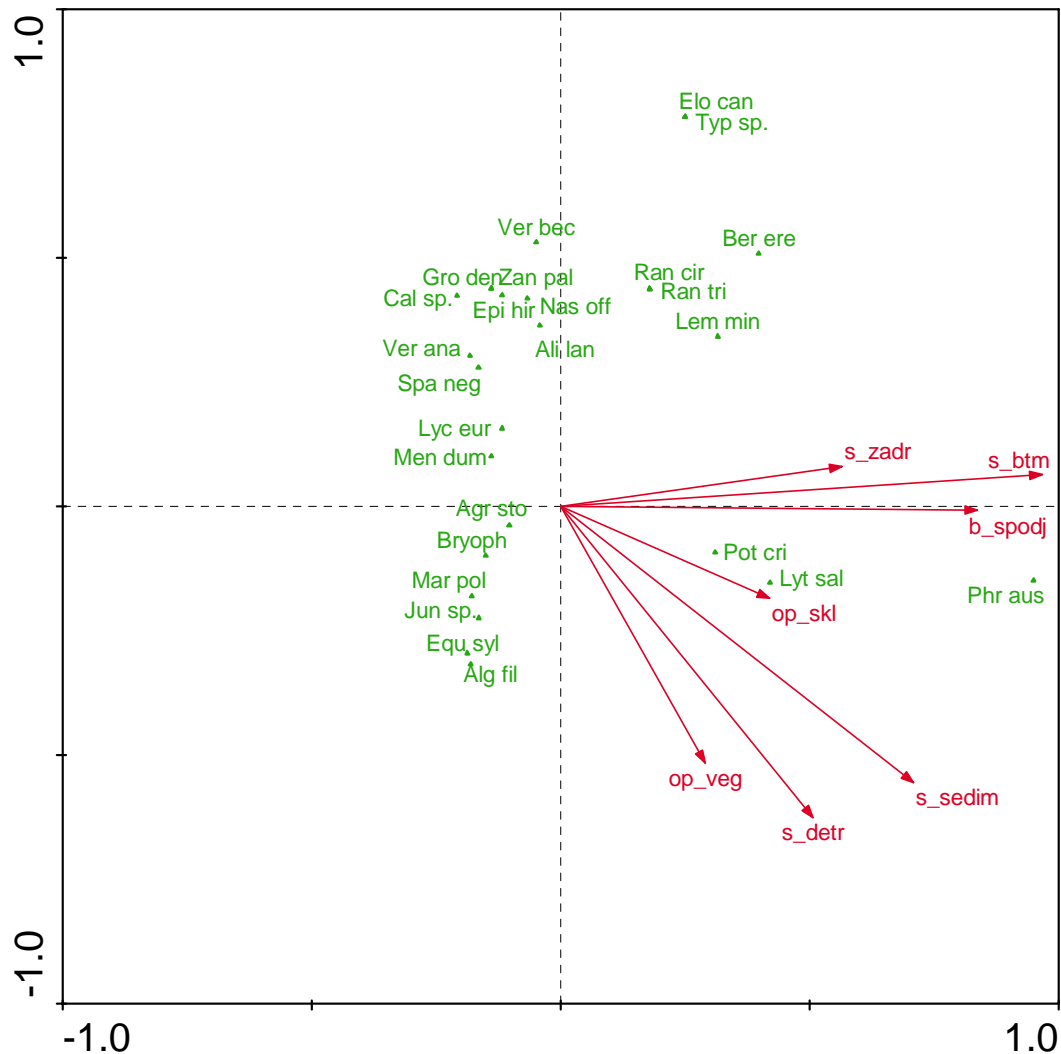
Lastna vrednost ordinacijske osi je maksimalna ločenost ekoloških niš taksonov. Najvišjo lastno vrednost in namočnejšo smer gradienta ima prva os (0,544). S prvo osjo smo statistično značilno

pojasnili 18.5 %, s prvima dvema 30.2 % variance taksonov, s tremi 36,7 % variance, s štirimi pa 42,2 %.

Kumulativni pojasnjeni odstotek variance za vse osi pa znaša 46,8 %.

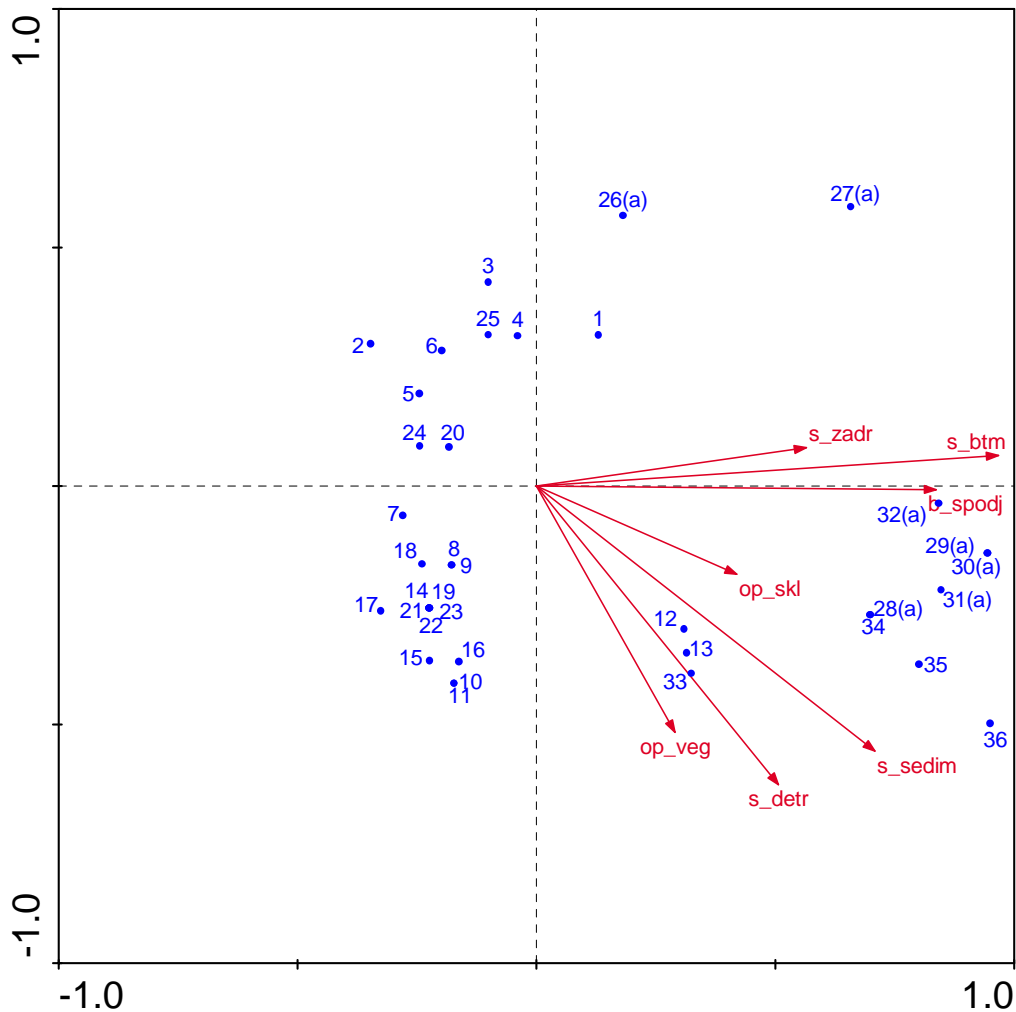
Na sliki so prikazane štiri kanonične osi. Vsaka ponazarja eno izmed štirih možnih stanj nekega dejavnika. Vsak okoljski dejavnik ima na grafu določene vrednosti. Točke, ki ponazarjajo vrste na ordinacijskem diagramu, ponazarjajo optimum vsake vrste glede na okoljske dejavnike, v katerih se nahajajo. Vektorska oznaka pa nam ponazarja vpliv določene spremenljivke. Daljši kot je vektor, večji je vpliv spremenljivke. Konec vektorja pomeni najslabšo kakovost določene spremenljivke, sredina diagrama njeno srednjo vrednost, konec zrcalne slike vektorja čez središče diagrama pomeni najboljše stanje. V primeru, da je kot med vektorji oster, si lahko to razlagamo kot pozitivno korelacijo med spremenljivkami.

Da bi dosegli večjo preglednost, smo povezave med okoljskimi dejavniki in makrofitskimi taksoni ter povezavo med okoljskimi dejavniki in posameznimi rečnimi odseki prikazali ločeno v dveh diagramih.



Slika 18: Ordinacijski diagram z izbranimi dejavniki okolja in makrofitskimi taksoni

Na Sliki 18 je prikazan vpliv spreminjanja okolja na razporeditev makrofitskih taksonov v Rižani. Razvidno je, da ima največji vpliv na pojavljanje makrofitov pojavljanje brzic, tolmunov in meandrov, posledično pa vrste usedlin v strugi (sediment) in detrit. Najmanjši vpliv ima sklenjenost vegetacije v obrežnem pasu. Smer vektorjev nakazuje na slabšanje okoljskih dejavnikov. Taksoni, ki se pojavljajo vzporedno z vektorji, so prav tako pokazatelji slabšanja stanja (*Phragmites australis*, *Lythrum salicaria* in *Potamogeton crispus*). Ostali taksoni se razporejajo v ostalih kvadrantih in prikazujejo različen odnos do spreminjajočih se dejavnikov okolja. V območju sredine diagrama se pojavljajo taksoni *Agrostis stolonifera* in *Bryophyta*, kar pomeni, da so najpogostejši pri srednjih vrednostih stanja okoljskih spremenljivk.



Slika 19: Ordinacijski diagram z izbranimi dejavniki okolja in odseki vodotoka

Na sliki 19 je prikazan vpliv izbranih dejavnikov okolja in pojavljanje določenih okoljskih dejavnikov v posameznih rečnih odsekih v Rižani. Tista vzorčna mesta, ki se na diagramu pojavljajo skupaj, so si med seboj podobna po pojavljanju vrst makrofitov in po dejavnikih, ki so za ta vzročna mesta značilni. V prvem kvadrantu se pojavljajo odseki od 2 do 6 in odseki 20, 24 in 25. Odseki na koncu vodotoka, kjer so razmere najslabše, so zbrani v četrtem kvadrantu od št. 29 do 36. Na tako sliko najbolj vplivajo dejavniki, kot so pojavljanje brzic, tolmunov in meandrov, vrste usedlin in detrit.

Če primerjamo obe sliki opazimo korelacijo med razvrščanjem odsekov in pojavljanjem makrofitov.





parameter / št. odseka	19	20	21	22	23	24	25	26(a)	27(a)
izraba tal v zaledju									
širina obrežnega pasu									
sklenjenost vegetacije v obrežnem pasu									
vegetacija 0-10 m od struge									
zadrževalne strukture									
oblika struge									
usedline v strugi									
struktura rečnega brega									
spodjedanje brega									
dno vodotoka									
pojavljanje brzic, tolmunov, meandrov									
detrit									

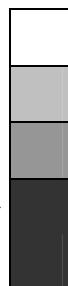
parameter / št. odseka	28(a)	29(a)	30(a)	31(a)	32(a)	33	34	35	36
izraba tal v zaledju									
širina obrežnega pasu									
sklenjenost vegetacije v obrežnem pasu									
vegetacija 0-10 m od struge									
zadrževalne strukture									
oblika struge									
usedline v strugi									
struktura rečnega brega									
spodjedanje brega									
dno vodotoka									
pojavljanje brzic, tolmunov, meandrov									
detrit									

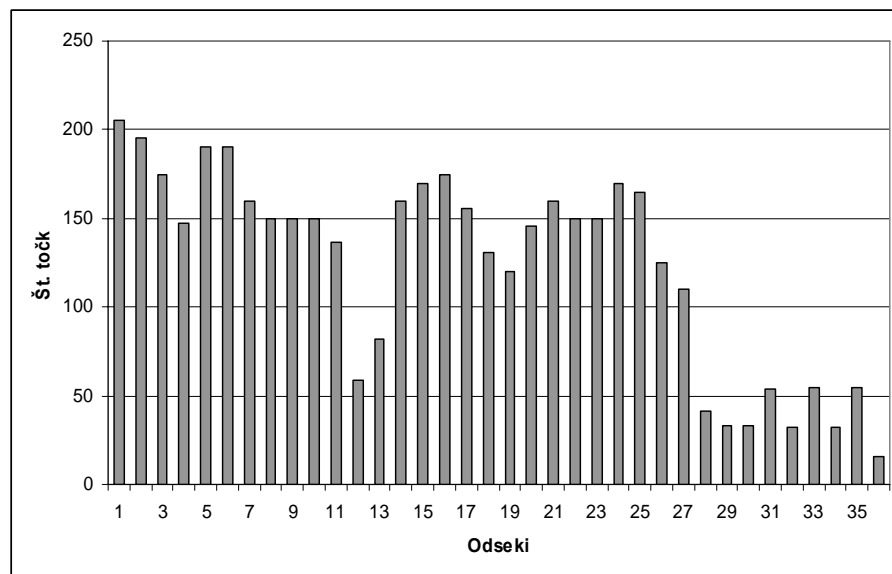
Neokrnjeno stanje

Dobro stanje

Slabše stanje

Najslabše stanje (najmanj točk za parameter)





Slika 20: Število točk in kakovostni razred za posamezen odsek za vodotok Rižana.

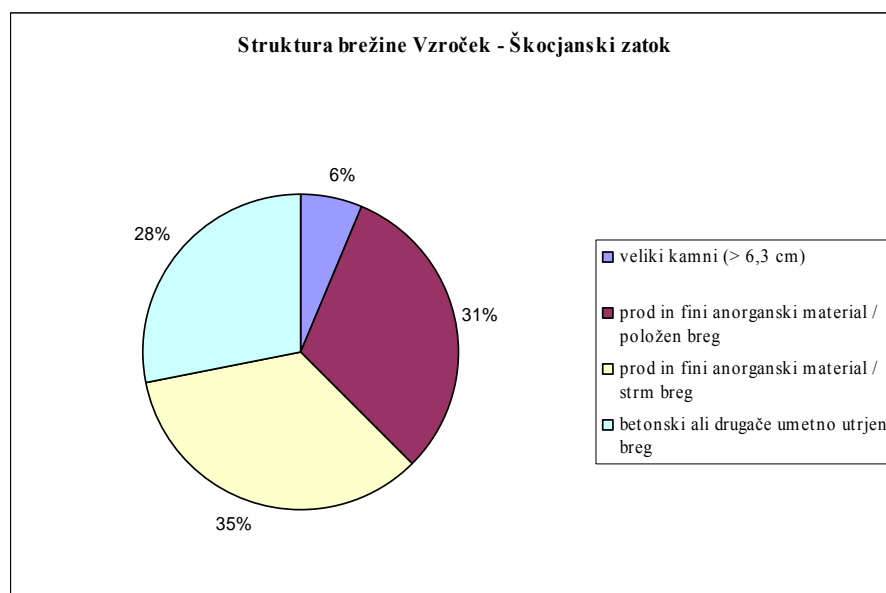
Razultati, ki smo jih dobili s širšo okoljsko oceno, se ujemajo z rezultati, ki smo jih prikazali z analizo CCA. Iz tabel, kjer smo prikazali točke za posamezen odsek, je razvidno, da se stanje po strugi navzdol slabša, posebno na drugem kraku vodotoka, kjer reka teče po bolj degradiranem zaledju. Večji del vodotoka Rižana lahko po vrednotenju RCE, ki smo ga naredili, uvrstimo v drugi kakovostni razred. Vodotok se začne z zaježitvijo in se nato prek prvih zapornic nadaljuje v reko. Prvi in drugi odsek dosemeta najvišje število točk in se uvrščata v najvišjo kategorijo.

Že v tretjem odseku je točk nekoliko manj zaradi spremembe v zaledju (ribogojnica in manjše naselje), odplake se izlivajo v reko. V bližini reke je nekaj hiš, nedelujočih mlinov in v bližini četrtega odseka pri kraju Mostičje delujoč kamnolom. Reka teče večinoma med kmetijskimi površinami in gozdom ter magistralno cesto. Najslabše ocenjeni so odseki na koncu vodotoka, kjer je struga večinoma kanalizirana in regulirana, zasenčena ter izpostavljena urbanizaciji in industrijskim obratom.

## 6.4 OCENA HABITATNIH PARAMETROV

Reka Rižana se pri kraju Bertoki razveji na dva dela. Prvi krak se nadaljuje ob Koprski obvoznici in se izteka v Škocjanski zatok. Drugi krak se nadaljuje po Srminski bonifiki in se izliva v morje v območju Luke Koper. V predstavitvi rezultatov sta zato prikazani dve sliki. Prva slika predstavlja habitatne parametre od Vzročka do Škocjanskega zatoka, druga slika pa del, ki od Vzročka do izteka v morje v Luki Koper.

### 6.4.1 Struktura brežine



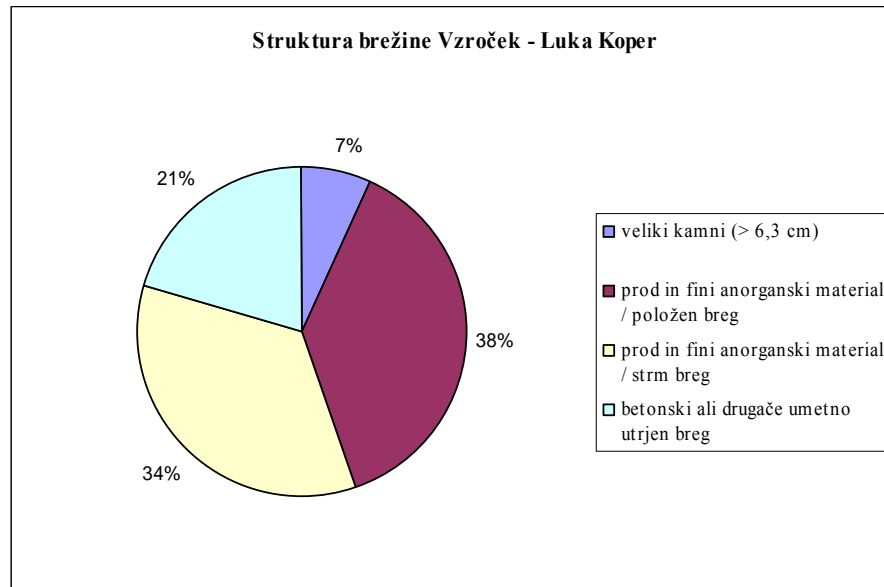
Slika 21: Struktura brežine v prvem kraku izbranega vodotoka Rižana, ki se izteka v Škocjanski zatok

Rečne brežine so različno strme in različno utrjene tako z naravnim kot umetnim anorganskim materialom. Brežina je lahko utrjena s prodom, peskom, drobnim anorganskim materialom, betonskimi ploščami ali s kakšnim drugim umetnim materialom.

V kraku vodotoka Rižana proti Škocjanskemu zatoku je brežina večinoma strma, sestavljena iz proda in finega anorganskega materiala. Tak tip brežine se pojavlja v zgornjem toka v celotni dolžini 3750 m (35 %), 23 % v prvih desetih odsekih.

Položnejša brežina iz proda in finega anorganskega materiala, utrjena večinoma s koreninami dreves, ki obraščajo velik del struge, se pojavlja v dolžini 3300 m (31 %).

Brežina je betonska oz. drugače umetno utrjena v 28 % celotne dolžine vodotoka (3000 m), večinoma na mestih, kjer v neposredni bližini poteka železniška proga in lokalna cesta.



Slika 22: Struktura brežine v drugem kraku izbranega vodotoka Rižana, ki se izteka v Luki Koper

Tako kot v prvem kraku tudi v drugem prevladuje položna brežina, sestavljena iz proda in finega anorganskega materiala v 38 %, kar v znaša 4100 m (v razmerju s celotno dolžino vodotoka, ki znaša v tem primeru 10820 m). Sledi strma brežina iz proda in finega anorganskega materiala 34 % (3700 m). V enakem odstotku pa je zastopana umetno utrjena - 21 % (2300 m).

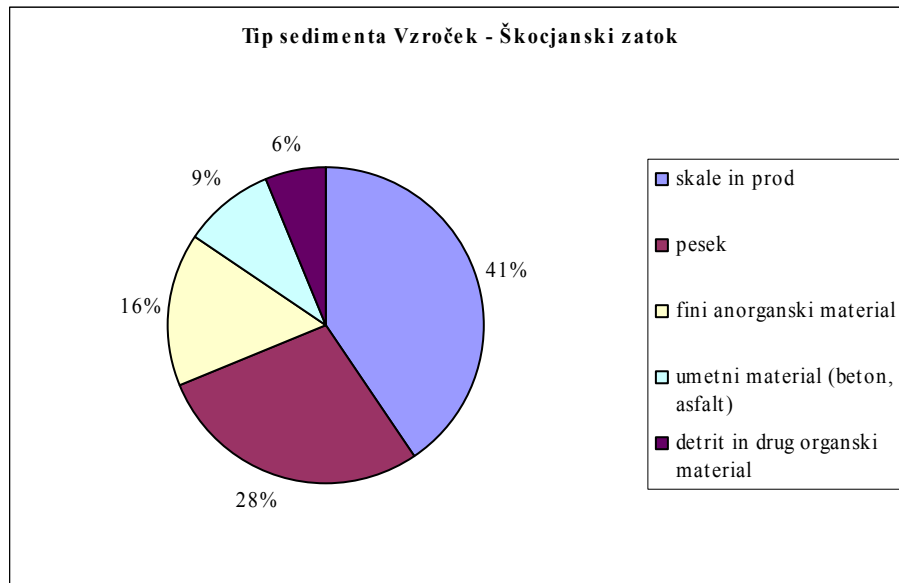
Brežina iz velikih kamnov se pojavlja v delu reke, ki je skupena tako prvemu kot drugemu odseku, predvsem v zgornjem delu struge.

#### 6.4.2 Tip sedimenta

Tip sedimenta lahko klasificiramo v šest navedenih tipov (Commission of the European Communities 1985, cit. po Janauer 2002). :

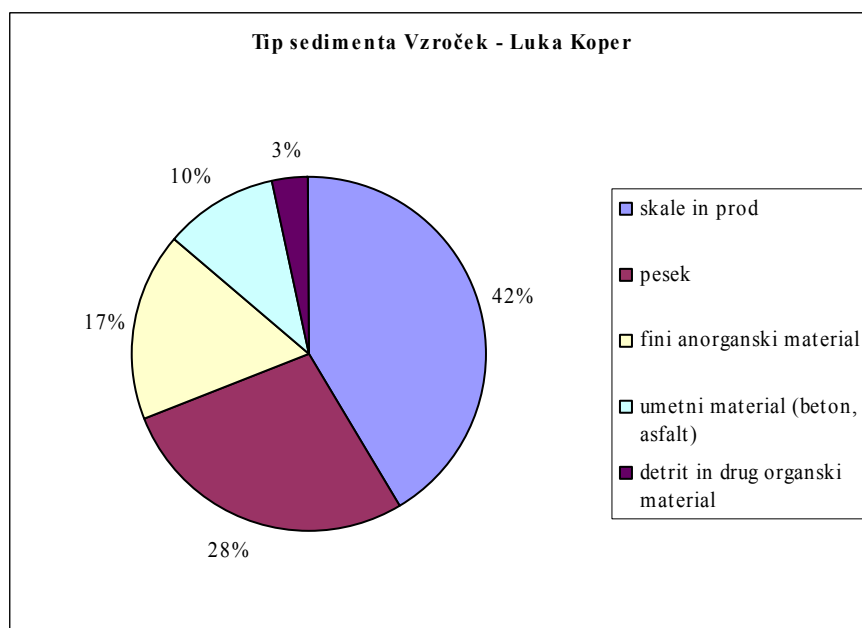
- skale in prod
- gramoz
- pesek
- fini anorganski material
- umetni material (beton,...)

- detrit ali drug organski material



Slika 23: Tip sedimenta v prvem kraku izbranega vodotoka Rižana, ki se izteka v Škocjanski zatok

V prvem kraku prevladujejo z 41 % (4400 m) celotne struge skale in prod. Tak tip sedimenta srečamo najpogosteje v zgornjem in srednjem toku reke. Na 28 % dolžine se s skalami in prodom menjuje sediment iz peska predvsem v srednjem toku Rižane. Umetne materiale srečujemo predvsem ob regulacijskih zapornicah in koprski obvoznici, kjer je struga regulirana.



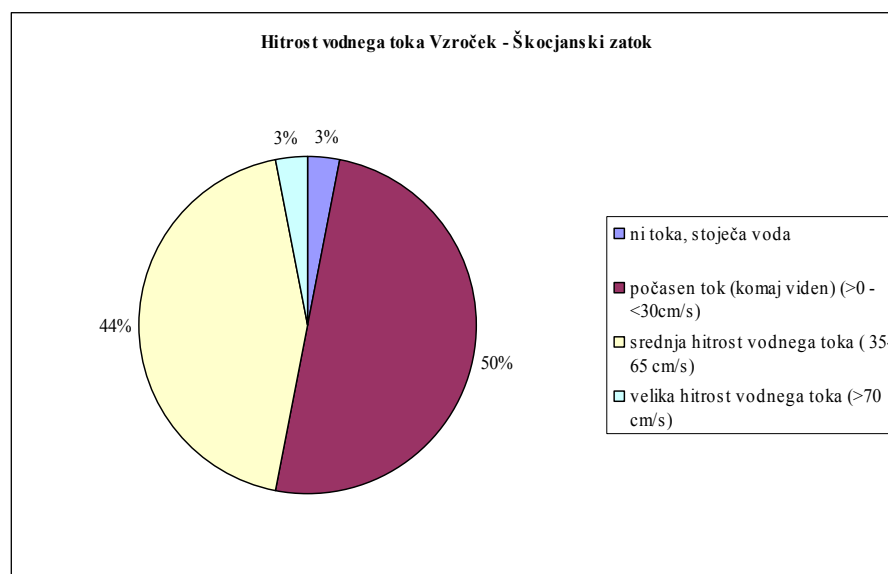
Slika 24: Tip sedimenta v drugem kraku izbranega vodotoka Rižana, ki se izteka v Luki Koper

V drugem kraku v podobnem odstotku prevladujejo skale in prod 42 % (4500 m). Pesek se pojavlja v manjšem odstotku (28 %), predvsem v zgornjem in srednjem delu struge. S 17 % sledi droben anorganski material, v 10 % (1100 m) predvsem v delu struge, ki se približuje iztoku v Luki Koper. V manjšem odstotku se pojavlja sediment iz detrita v samo enem in to zadnjem odseku ob čistilni napravi, ki zgolj mehanično s siti zadržuje večje dele, ki jih prinašajo komunalne odplake iz bližnjih krajev.

### 6.4.3 Hitrost vodnega toka

Kategorije na katere je razdeljena hitrost vodnega toka:

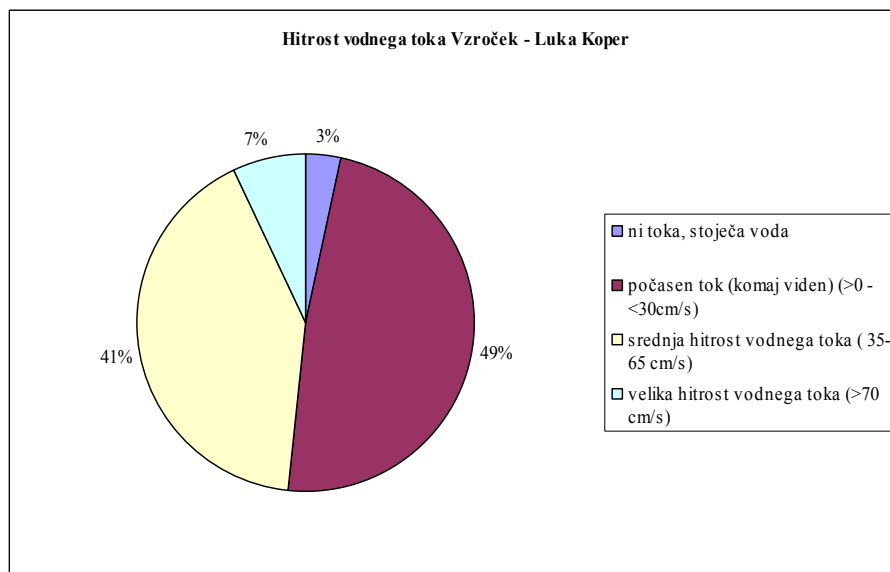
- stoječa ali skoraj stoječa voda
- počasen, komaj viden tok ( $> 0 - < 30$  cm/s)
- srednja hitrost vodnega toka (35 – 65 sm/s)
- velika hitrost vodnega toka ( $>70$  cm/s)



Slika 25: Hitrost vodnega toka v prvem kraku izbranega vodotoka Rižana, ki se izteka v Škocjanski zatok

V polovici vodotoka (5400 m) prevladuje počasen (komaj viden tok), ki pa mu s 44 % (izmerili smo ga v 4800 m vodotoka) sledi srednje hiter vodni tok.

Pojavlja se predvsem v zgornjem delu struge; tok se po strugi navzdol umirja, počasen tok se pojavlja v številnih tolmunih, ki jih razbijajo brzice. V zelo majhnem odstotku se pojavljata zelo velika hitrost vodnega toka in stoječa voda – v samo enem popisnem odseku.



Slika 26: Hitrost vodnega toka v drugem kraku izbranega vodotoka Rižana, ki se izteka v Luki Koper

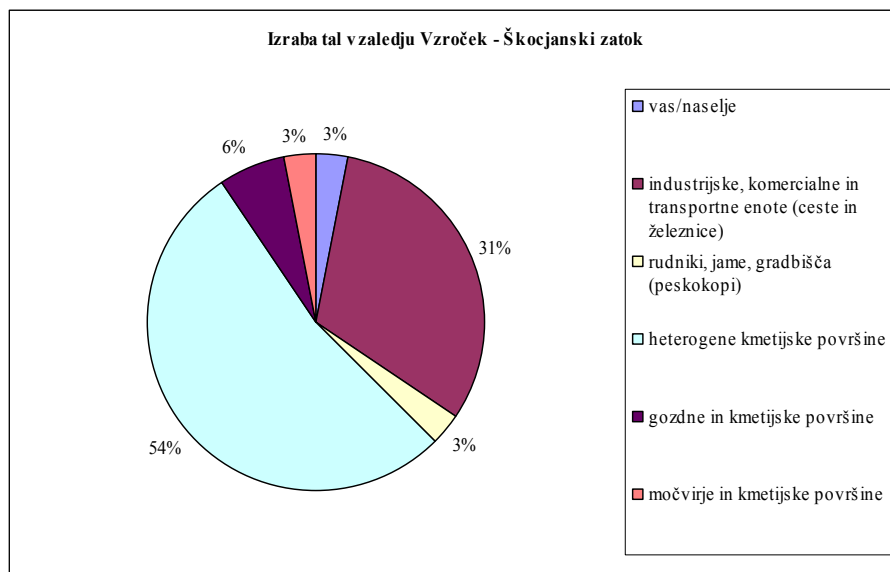
V drugem kraku ravno tako prevladuje počasen tok (49 %) v tolmunih, ki jih delijo brzice in jih ponazarja srednja hitrost vodnega toka (41 %). S 7 % se pojavlja najhitrejši tok, predvsem v delih, kjer je struga kanalizirana.

#### 6.4.4 Izraba tal v zaledju

Poznamo več tipov zaledja. Ločimo predvsem štiri primarne stopnje:

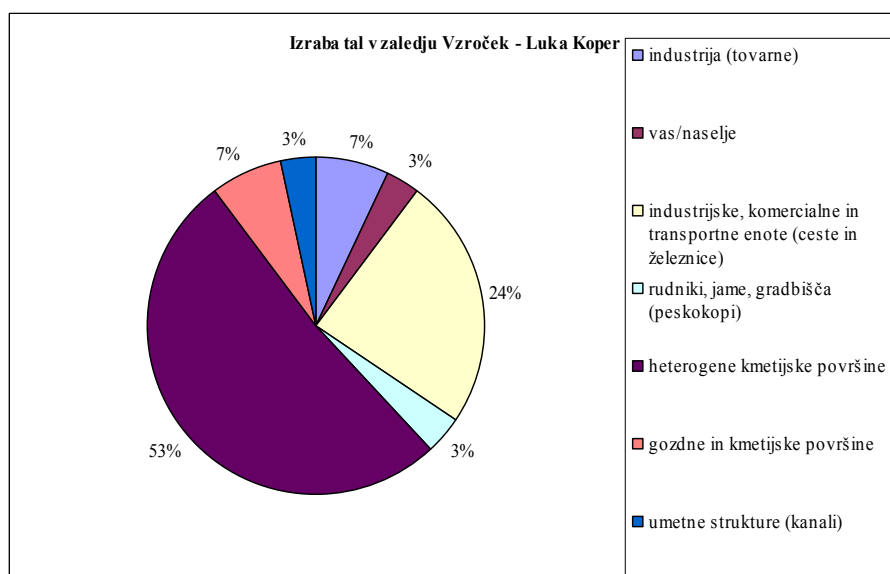
- umetne površine (urbane, industrijske, komercialne, transportne enote, rudniki, odlagališča, gradbišča in umetne urbane površine – parki, igrišča...)
- kmetijske površine
- gozd
- močvirja in gozdovi





Slika 27: Uporaba okolja za prvi krak izbranega vodotoka Rižana, ki se izteka v Škocjanski zatok

S 54 % prevladujejo heterogene kmetijske površine, sledijo predvsem umetne površine s poudarkom na transportnih enotah (železniški in cestni promet), ki se strugi Rižane kdaj bolj kdaj pa manj približajo. 6 % je gozdnih in kmetijskih površin. Tri odstotke celotne dolžine struge si delijo močvirje, peskokop in naselje.



Slika 28: Uporaba okolja za drugi krak izbranega vodotoka, ki se izteka v Luki Koper

Tudi v drugem kraku se v največjem odstotku pojavljajo heterogene kmetijske površine, sledijo industrijske, komercialne in transportne enote (ceste in železnica). Z razliko od prvega kraka, je

zadnji del struge večinoma kanaliziran in umetno utrjen, kar se kaže tudi na Sliki 21 (3 % celotne dolžine sestavljajo umetne strukture).

## 6.5 TUJERODNE VRSTE MAKROFITOV V VODOTOKU

Človek s svojim delovanjem in vedno bolj aktivno uporabo transportnih sredstev omogoča prehod tako živalskim kot rastlinskim vrstam prek naravnih ovir (oceani, gorovja), ki jih rastline brez človekove pomoči ne bi mogle prečiti. Nekatere se niso zmožne prilagoditi novemu okolju z novimi lastnostmi, druge (invazivne vrste) se uspešno razmnožujejo in hitro širijo tudi v novem arealu. S svojim delovanjem spreminjajo strukturo in delovanje ekosistema. Invazivne vrste zmanjšujejo možnost preživetja avtohtonim vrstam, ki niso kompetitivno dovolj močne, da bi se v spremenjenem okolju obdržale.

V vodotoku Rižana smo našli vrsto *Groenlandia densa* (gostolistna dristavka). Je trajnica, visoka med 10 in 30 cm, vsi listi so potopljeni, jajčasti ali podolgastosuličasti, topi. Njen areal se razprostira po celotni Zahodni, Srednji in Južni Evropi. Je zanesena tudi v strugo reke Rižane.

Raziskovalec Robach je opazil pojavljanje *Groenlandie dense* v vodah s karbonatnim značajem, nekoliko alkalnim pH in povišano električno prevodnostjo, skupaj z vrsto *Nasturium officinale* in *Zannichelio palustris*. Najdemo jo v stoječih, do počasi tekočih, mesotrofičnih vodah s povišanimi koncentracijami fosfata in nitrata (F.Robach et al., 1996). Rezultati različnih raziskav prikazujejo, da rastlina privzema težke kovine iz vode in substrata ter jih akumulira (Y.Kara in A. Zeytunluoglu, 2007).



Slika 29: Pojavljanje in razporeditev rastline *Groenlandija densa* (L.) Fourr. (*Potamogeton densus* L.) oz. gostolistne dristavke

## 7. RAZPRAVA

### 7.1 MORFOLOŠKE ZNAČILNOSTI VODOTOKA IN IZRABA TAL

Reke in potoki so kompleksni in dinamični sistemi. Ljudje so izkoriščali vodotoke za transport, pitno vodo, namakanje in pridobivanje energije (Naiman et al. 1995). Ekološka degradacija in zmanjševanje biodiverzitete so rezultat tega izkoriščanja. Danes se to odraža v slabšanju vodnih virov in zmanjševanja količine vode, zato iščemo rešitve za ohranitev in obnovitev rečnih ekosistemov (LeRoy Poff et al, 1997). Potrebno informacijo o obstoječem stanju med drugim dobimo z vrednotenjem vodotokov, ocenjevanjem širšega vodnega okolja, in primerjavo ekomorfoloških značilnosti s potencialnim naravnim stanjem (Petersen, 1992). Zajetje Rižane na izviru sodi v prvi vodovarstveni pas. V tem varstvenem pasu veljajo prepovedi za vse posege v prostor, razen za potrebe vodotoka. Prepovedana je uporaba gnojil, škropiv in ostalih agrotehničnih sredstev. Prepovedana je gradnja novih prometnic, obstoječe pa je potrebno sanirati, tako da se meteorne vode s cestišča ne stekajo v vodonosnik ter da se zmanjša možnost nesreč z nevarnimi snovmi. Gradnja je splošno prepovedana, dovoljena je samo adaptacija že obstoječih objektov. Izkop gramoza in odpiranje kamnolomov nista dovoljena, obstoječe je potrebno sanirati in zapreti. Ne glede na prepovedi, se ob zajetju Rižane izvaja kar nekaj navedenih in prepovedanih aktivnosti. Gradijo se nove prometnice, nekaj metrov nižje od izvira deluje kamnolom.

Prispevno območje reke je območje, s katerega reka s pritoki odvaja vodo in določa kakovost vode v reki (Toman, 2004). Prispevno območje Rižane meri prek 200 km<sup>2</sup>. Zaledje predstavlja pretežno Kras s hidrogeološkimi značilnostmi (RVK, 2005). Geološka podlaga, po kateri teče Rižana, je iz apnenca, nanosi v dolinah pa so flišni. Po strugi navzdol apnenčasto podlago zamenja flišna. Za reke na karbonatni podlagi velja, da imajo večjo biodiverziteteto kot reke na silikatnih podlagah. Povezana je z večjo pufranostjo, ki vpliva na prisotnost primarnih producentov in dostopnost hrane za ostale organizme (Robach et al., 1996).

Rižano bi lahko po vrednotenju RCE razdelili na štiri dele, ki se med seboj razlikujejo predvsem v strukturi struge in izrabi tal v zaledju (Petersen, 1992). Spremembe v strukturi struge se začnejo nekaj metrov po izviru, s prvo umetno zgrajeno brzico. Do kraka za Škocjanski zatok se brzice redno izmenjujejo s tolmoni. Vodni tok je povezan s fizikalnimi in kemijskimi značilnostmi v reki. Temperatura vode, geomorfologija struge in raznolikost habitatov imajo največji vpliv na

razporejenost in abundanco rečnih vrst (Power et al. 1995, Resh et al., 1988). Razgibanost struge vpliva tudi na hitrost vode, na višjo nasičenost s kisikom, povečano turbulenco ter na dvigovanje substrata v vodni stolpec. Poleg različnih struktur vplivajo na geomorfologijo rečne struge tudi vodni makrofiti in obrežna vegetacija (Clarke, 2002).

V prvem delu, ki se konča pri 4. vzorčnem mestu, teče reka večinoma po gozdu, ob manjšem zapuščenem naselju. Svetlobe je zaradi senčenja manj. Tukaj je največja pestrost makrofitov, ki so značilni za neobremenjene vode (*Veronica beccabunga...*) (Mala flora Slovenije, 1999). Pri kraju Mostičje reka teče pod železniško progo in magistralno cesto, ki je obremenjena zaradi delujočega kamnoloma/peskokopa. Na tem mestu se s spremembami v strugi, obraščenosti struge in spremembe v zaledju začneja drugi del. Zaradi spiranja delcev iz kamnoloma je voda kalna, sedimentacija je povečana, spremeni se morfologija struge in tip sedimenta. Čeprav fini sediment predstavlja boljši substrat za ukoreninjenje makrofitov kot veliki delci (Sand-Jensen, 1998), je razpoložljivost svetlobe primarni dejavnik, ki vpliva na fotosintezo in na uspevanje makrofitov (Carr et al., 1997). Posledica spremenjenih dejavnikov na obrežju je upad poraščenosti struge z makrofiti.

Rižana nadaljuje svoj tok v ozki dolini, kjer potekajo glavne prometne poti, ki so bile pred izgradnjo avtoceste Koper – Ljubljana najprometnejše v državi. Rižana je večino svoje poti obdana s cesto ali železnico, na drugi strani prevladujejo heterogene kmetijske površine, ki jih prekinjajo travniki in manjša naselja. Razmere se ob zaselku Cepki poslabšajo. Raziskave na drugih manjših mediteranskih rekah kažejo, da onesnaženje in motnje, ki se pojavljajo v dolini, kjer teče reka, in so posledica človeške dejavnosti (kmetijstvo, gospodinjske in industrijske odplake, gradnja in utrjevanje brežin) povzročajo spremembe v morfologiji in hidrološkem režimu reke (Abou – Hamdan et al., 2005). Raziskave, ki jih izvaja Agencija za okolje in prostor, kažejo na to, da je na kanalizacijsko omrežje v Sloveniji priključeno zelo malo naselij (ARSO, 2000), kar velja tudi za omenjeno naselje. Kamenje v strugi ob zaselku je drseče, voda ima neprijeten vonj po gospodinjskih odplakah, cesta poteka tik ob strugi. Iz struge izginejo tudi mahovi. Stanje vodotoka se izboljša nižje, ko se tok oddalji od naselij. Do razcepa v Dekanih, kjer se Rižana razdeli na dva kraka, je stanje v zaledju in strugi bolj ali manj enotno. Strugo obdajajo na eni strani gozd, na drugi strani pa travniki, prek katerih poteka železnica. Brežina je večinoma iz drobnega, finega materiala, pogosteje iz naravnega in položna. Zaradi železnice je na nekaterih mestih strma in umetno utrjena. Obrežni pas, ki je neposredno povezan s strukturo brežine, je v Rižani je poraščen z drevesi,

večinoma iz družine vrbovk (*Salicaceae*), prevladujejo vrsti *Populus tremula* in *Populus nigra* ter vrsta *Salix alba*, ki strugo močno zastirajo. Količina svetlobe, ki prodre do sredinskega dela struge je omejena, zato v strugi prevladujejo mahovi in posamezni makrofiti (Abou – Hamdan et al., 2005, Carr et al., 1997). Obrežni pas ima pomembno vlogo pri preprečevanju erozije in pri zadrževanju vode, predvsem pa ima pomembno vlogo povezovalca in blažilca, ki zadržuje in čisti vodo iz okolice (kmetijskih ali urbanih površin). Od razcepa dalje se začne četrti del, ki obsega vodotok vse do izliva obeh delov v morje. Pretok se na obeh krakih zmanjša, tok se umiri, presvetljenost struge je velika, saj jo obdajajo le nižje grmovne vrste. V strugi se pojavijo gosti sestoji vrste *Phragmites australis*, ki vplivajo na spremembe v sedimentu, zadrževanje hranil ter na upočasnitev vodnega toka (Send-Jensen, 1998; Clarke, 2002). Zaradi bližine naselij, industrije in avtoceste je ta odsek najslabše ocenjen in tudi kakovost vode je najslabša (Chovanec, et al., 2000). Tudi drugi raziskovalci so opazili trend slabšanja kakovosti vode, propadanja rečnih habitatov, dinamike in biološke diverzitete z gradnjo mostov, postavitvijo industrijskih obratov, železnice in vojaških objektov.

Po vrednotenju RCE lahko predvidevamo, da je tudi izraba tal za obrežnim pasom pomemben pokazatelj stanja vodotoka (Petersen, 1992). Največji del vodotoka Rižana lahko uvrstimo v drugi kakovostni razred RCE. Prvi in drugi odsek dosejata po metodi RCE najvišje točkovanje in se uvrščata tudi v najvišjo kategorijo. Že v tretjem odseku je število točk, ki ocenjujejo kakovost širšega vodnega okolja nekoliko nižje na račun ribogojnice in odpadnih voda, ki se izlivajo v reko. Večina ostalih odsekov spada v drugi kakovostni razred RCE, saj reka teče večinoma med kmetijskimi površinami in gozdom. Slabše ocenjeni so odseki na koncu vodotoka, kjer je struga večinoma kanalizirana in regulirana. Uvrščajo se v tretji in četrti kakovostni razred RCE.

## 7.2 FIZIKALNE IN KEMIJSKE LASTNOSTI

V Sloveniji od leta 2003, opravlja monitoring kakovosti površinskih vodotokov, Agencija za okolje in prostor. Datumi meritev, ki so jih opravljali v letu 2005, sovpadajo z datumi fizikalnih in kemijskih meritev, ki smo jih izvajali mi. Z razliko od naših raziskav so poleg fizikalnih in kemijskih meritev opravljali še analize kovin v vodi in suspendiranih snoveh, analize organoklornih pesticidov, PCB, analize anionaktivnih detergentov, mineralnih olj, fenolnih snovi in TOC v vodi in saprobiološke analize na določenih merilnih mestih na reki Rižani.

Fizikalne in kemijske meritve odražajo sezonske in podnebne razmere, ki so značilne za to območje. Vzorčna mesta kažejo postopno naraščanje temperature po toku navzdol. Na izviru ne presegajo 11 °C, kar je tipična temperatura kraškega podzemlja. Po toku navzdol se voda v reki segreje do 17 °C. V zimskih mesecih izstopa po najnižji temperaturi sedmo vzorčno mesto s 7,5 °C. To je mesto, kjer se Rižana razcepi na dva kraka, in je ločena z zapornicami in umetno utrjeno strugo z velikimi kamni in betonom. Plitva voda je hladnejša (temperatura zraka dne 31. 01. 2006 je bila 3 °C). Najvišje temperature so na območju Škocjanskega zatoka, ki je antropološka tvorba z nizko slano vodo in pod vplivom sončnega sevanja, ki vodo segreva. Na zadnjem vzorčnem mestu, na drugem izlivu, je jasno viden vpliv morja. Temperatura morja in reke je bila na tem mestu poleti enaka in najvišja izmerjena je dosegla 27 °C. Na spremembe temperature poleg prispevka drugih vodnih teles vplivajo različna strukturiranost struge, menjavanje brzic in tolmunov, umetno ali naravno utrjena brežina in struga (Abou – Hamdan et al., 2005) ter obrežna vegetacija. Druga pomembna kemijska analiza je bilo merjenje koncentracije kisika v vodi koncentracija je odvisna od temperature. Poleg temperature, nanjo vpliva še difuzija iz zraka, turbulenca, fotosintezna aktivnost primarnih producentov in respiratorna aktivnost življenjske združbe (Urbanič in Toman, 2004). To je verjetno vzrok, da je bila koncentracija kisika izmerjena v poletnih mesecih najvišja. V mesecu avgustu je bila vrstna pestrost makrofitov najvišja oz. v fazi največje rasti, posledično je tudi največ biogeno nastalega kisika, ki se proizvaja v procesu fotosinteze. Nižje vrednosti smo zabeležili samo na mestih, kjer se pojavljajo zapornice in se tok upočasni. Najnižje izmerjene koncentracije so bile jeseni. Takrat se zmanjša primarna produkcija in poveča respiracijska aktivnost na račun razgradnje odmrle rastlinske mase. Da bi dobili bolj natančno sliko o koncentraciji kisika smo istočasno merili še nasičenost. Ta lahko presega 100%, če je primarna produkcija višja od respiracije. Najvišjo nasičenost s kisikom smo izmerili v poletnih mesecih na vzorčnem mestu 8 (208 %). Ta vrednost nakazuje na veliko fotosintezno aktivnost primarnih producentov. Takemu pojavu pravimo biogeno prezračevanje. Najnižjo vrednost smo izmerili v jesenskem vzorčenju in to na prvem vzorčnem mestu na izviru Rižane. Sicer pa je bila nasičenost s kisikom na izviru vedno najnižja, kar se popolnoma ujema z lastnostmi izvirskega dela. Nasičenost v primeru Rižane naraste po toku navzdol. Povečuje se vse do razcepa, kjer upade, nato ponovno naraste do izliva.

Vode na karbonatni podlagi imajo poleg večje vrstne pestrosti tudi višjo električno prevodnost kot vode na kislih podlagah. Dotok hranil po strugi navzdol, izpiranje iz kamnoloma in cest povzroča

spreminjanje električne prevodnosti (Robach et al., 1996). Manjše spremembe elektroprevodnosti lahko pripišemo sezonskemu ciklu rastlin, ki začenjajo svojo rast v poletnih mesecih in do jeseni zaključijo svoj življenjski cikel. Z razgradnjo v vodi narašča koncentracija raztopljenih ionov (Melzer, 1985). V splošnem so izmerjene vrednosti električne prevodnosti nekoliko višje, kot jih pričakujemo v celinskih vodotokih (Toman, 2004). Predvidevamo, da je razlog za povišano elektroprevodnost predvsem v aerosolih oz. v višji koncentraciji klorovih ionov v ozračju, ki se spirajo in z deževnico bogatijo obalne vodotoke. Na dveh vzorčnih mestih prihaja med plimo do vdora morske vode v rečni sistem (v Škocjanskem zatoku in Luki Koper), zato je elektroprevodnost vode na zadnjih dveh mestih enaka prevodnosti morske vode.

Na spremembe pH vpliva karbonatna podlaga, ki deluje kot pufer, in rastline, ki s privzemanjem CO<sub>2</sub> v procesu fotosinteze vplivajo na karbonatno ravnotežje v vodi (Urbanič in Toman, 2004). Izmerjene vrednosti v Rižani so v razponu od 7,6 do 8,7, kar je posledica območja bogatega z apnencem (Ogrin, 1991). Najpomembnejši dejavnik, ki vpliva na distribucijo makrofitov, je nivo nutrientov (trofija), še posebno prisotnost fosfata in nitrata (Robach et al., 1996). Izmerjene vrednosti nitratnih ionov v Rižani so bile do 6 mg/l. Vrednosti nitratnih ionov v neonesnaženih vodah se sezonsko spreminjajo kot posledica primarne produkcije in odmiranja organizmov. Koncentracije do 10 mg/l so posledica spiranja gnojnih kmetijskih površin. V poletnih mesecih in pred začetkom rastne sezone kmetje zemljo aktivno obdelujejo in pripravljajo, kar se odraža v povišanih koncentracijah nitratov tudi v bližnjem vodotoku. Padec koncentracije nitratnih ionov v jesenskem času, je lahko posledica prenehanja gnojenja okoliških kmetijskih površin in deževnega obdobja v mesecu oktobru. Večja količina padavin povzroči povišanje vodostaja ter večje odplavljanje raztopljenih snovi. Boljšo razlago bi dobili, če bi izvedli vsaj še eno meritev v spomladanskem času. Za potrditev zgornjih domnev bi morali več let spremljati gibanje koncentracij nitratov.

Koncentracije ortofosfatnih ionov so bile, razen v enem primeru, znotraj dopustnih koncentracij. Predvidevamo, da so bile presežene koncentracije ortofosfatnih ionov na vzorčnem mestu 4 posledica neposredne bližine naselja ter trenutnega izpusta gospodinjskih odpadkov (meritev smo opravljali v soboto dopoldan).



Glede na naše analize se celotni vodotok Rižana v povprečju uvršča v tretji kakovostni razred RCE, kar pomeni slabše stanje vodotoka. Pri Agenciji za okolje in prostor so po opravljenih analizah, Rižani prisodili oceno dobro.

### 7.3 VPLIV OKOLJSKIH PARAMETROV NA POJAVLJANJE MAKROFITOV

Reke so heterogena okolja z variabilnimi morfometričnimi značilnostmi in raznolikimi hitrostmi vodnega toka, ki zajema spremembe fizikalnih in kemičnih parametrov. Vrste se glede na rastne oblike gručasto razporedeajo z ozirom na spreminjajoče dejavnike okolja (Gantes et al., 2001).

Za prikaz razporejanja makrofitov ter odnosov med vrstno sestavo in okoljskimi parametri smo uporabili analizo CCA. Smeri vektorjev, ki prikazujejo odnose med okoljskimi parametri, nakazujejo na slabšanje razmer v splošnem za vse parametre, ki smo jih upoštevali. Analiza je prikazala, da so od vseh parametrov, ki vplivajo na razporeditev makrofitov, v Rižani najpomembnejši pojavljanje brzic, tolmunov in meandrov, nato vrste usedlin v strugi (sediment) ter detrit. Rižana je na veliko mestih kanalizirana, umetno zgrajene brzice, ki jim sledijo tolmini pa se nadaljujejo vse do razcepa na dva kraka. Sklepamo, da je struktura struge (pojavljanje brzic, tolmunov in meandrov) povezana z vrsto usedlin in detritom, ki jih najdemo v strugi (Kuhar et al., 2007). Finejši substrat je bolj primeren za razvoj in rast vodnih rastlin (Abou – Hamdan, Hury, Hebrard, Dandelot & Cazaubon, 2005). Razporeditev makrofitskih vrst se s tem ujema. Vrste, kot so *Phragmites australis*, *Lythrum salicaria* in *Potamogeton crispus*, so značilne za vodotoke, kjer prevladuje večinoma muljasto dno (Kuhar et al., 2007). Največjo pestrost makrofitov smo našli na kraku za Škocjanski zatok, kjer je prevladoval substrat iz finih delcev in počasnejši vodni tok. V Rižani smo popisali vsega 26 vrst makrofitov od tega kar 13 na omenjenem mestu. Rižana je večino svojega toka obraščena z visokimi drevesi. Vendar je dokazano, da vegetacija v obrežnem pasu in njena sklenjenost ne predstavljata tako velikega vpliva na makrofite, ki se pojavljajo v strugi, kot struktura struge in tip sedimenta v njej, ki je v veliki meri odvisen od hitrosti vodnega toka.

Makrofiti so biološka skupina, ki predstavlja različne oblike rasti, le-te jim omogočajo poselitev na mestih, kjer so različne okoljske razmere (Gantes et al., 2001). Od vseh popisanih vrst makrofitov je bilo 14 vrst (53 %) emerznih pojavljali so se v 14 % vseh popisanih odsekov; predvsem v srednjem in zadnjem delu vodotoka. Z največjo abundanco so se pojavljale vrste *Phragmites australis*, *Agrostis stolonifera* in *Nasturtium officinale*. Vrsto *Nasturtium officinale* smo zasledili tudi v zgornjem toku reke, ter na 26. odseku (razcep). Vrsta *Agrostis stolonifera* je bila prisotna v 66 %

odsekov tako v zgornjem, srednjem, nekoliko manj v spodnjem delu struge. Vrsta *Phragmites australis* se je v zelo visoki zastopanosti pojavila šele po razcepu, ko se je vodni tok umiril in se je spremenila struktura substrata.

Submerznih vrst je bilo po številu manj - 11 vrst, kar zajame 42,3 % vseh preiskanih makrofitov. Submerzne vrste so bile kljub manjši vrstni zastopanosti prisotne v 6 % vseh odsekov. Največ vrst smo popisali v zgornjem, neobremenjenem delu, z izjemo debla *Bryophyta*, ki je bilo enakovredno zastopan po celotni dolžini reke, v 70 % popisanih odsekov. Slede so mu *nitaste alge* ter obe vrsti vodnih jetičnikov (*Veronica beccabunga*. in *V. annagalis -aquatica*).

Le ena vrsta pa je pripadala natantnim neukoreninjenim makrofitom t. j. *Lemna minor*, najdena v 26. in 33. odseku.

Večjo prisotnost emerznih makrofitskih vrst lahko pripišemo njihovemu z kozmopolitskemu značaju in manjšo občutljivostjo na spremembe vodnega okolja. Za razliko od emerznih makrofitov so submerzne vrste bolj občutljive na spreminjanje okolja, predvsem na fizikalne in kemijske spremembe.

V vodotoku Rižana smo našli tujerodno vrsto *Groenlandia densa* (dristavka).

Vrsta *Groenlandia densa* je trajnica in se pojavlja v vodah na karbonatnih podlagah, z nekoliko povišanim pH ter povišano elektroprevodnostjo. Njen areal sega obsega celotno Evropo. Od zahodnih obal Francije, do Poljske in Romunije, na jugu pa vse do Turčije. Najdemo jo v stoječih, do počasi tekočih mesotrofičnih vodah s povišanimi koncentracijami fosfata in nitrata (F.Robach et al., 1996). Pogosto se pojavlja z vrstama *Nasturium officinale* in *Zannichelia palustris*.

Uvrščena je na Rdeči seznam praprotnic in semenk z oznako ogrožena vrsta. Prvič je bila najdena leta 1992 samo na enem rastišču. Glede na znane podatke sklepamo, da je trditev, da je v Rižani naturalizirana in ogrožena je nekoliko pretirana in kontradiktorna.

## 8. SKLEPI

Rižana teče po apnenčasti podlagi, ki se po toku navzdol zamenjuje s flišno. Apnenčasta podlaga omogoča večjo pufranost vodotoka, zato v njem pričakujemo večjo vrstno diverzitetu vodnih makrofitov. Poleg tega je Rižana reka z razgibanim tokom in spreminjajočim se zaledjem.

V dobrih 14 km reke smo popisali 26 različnih taksonov vodnih makrofitov. Vrste iz debla *Bryophyta* so bile prisotne v skoraj vseh pregledanih odsekih, nekatere vrste so bile prisotne samo v zgornjem toku - obe vrsti vodnih zlatič (*Ranunculus circinatus* in *R. trichophyllus*) in vodnih jetičnikov (*Veronica beccabunga* in *V. annagalis-aquatica*). Določene vrste pa smo popisali samo v spodnjem toku reke, npr. tujerodno vrsto *Groenladia densa* in najpogostejšo močvirsko vrsto *Phragmites australis*.

Glede na strukturo struge in spremembe v izrabi tal v zaledju bi lahko Rižano razdelili na štiri dele, ravno tako bi lahko razdelili vrste, ki se v strugi pojavljajo. Poleg geomorfologije struge vplivajo na razporejenost in abundanco makrofitov še vodni tok, temperatura vode in raznolikost habitatov. Zaledje reke Rižane je tako slikovito kot njena struga. Na zgornjem delu se v zaledju pojavljajo gozdne površine, ki se nadaljujejo v zapuščene kmetijske. Po toku navzdol je viden vpliv urbanizacije okolja s cestnimi in železniškimi povezavami. Nekje na sredini svoje poti se začnejo ob reki pojavljati manjša in večja naselja, pojavijo se prvi industrijski obrati in avtocestna povezava. Rižana svojo pot končuje na dveh mestih, ki imata skupno to, da jih je preoblikoval človek.

Raziskave na drugih manjših mediteranskih rekah kažejo, da onesnaženje in motnje, ki so posledica človekove dejavnosti (kmetijstvo, gospodinjstva in industrijske odplake, gradnja in utrjevanje brežin), povzročajo spremembe v morfologiji in hidrološkem režimu reke. Vse to vpliva tudi na razporeditev in pogostost pojavljanja makrofitov po strugi navzdol. Združba se spreminja glede na obremenjenost voda. Na delih, kjer se struga približa naselju in je obremenjenost vodotoka velika, izginejo vsi makrofiti, tudi mahovi.

Po raziskavah RCE je kakovost vodotoka in zaledja veliko boljša na izviri in zgornjem delu, kjer jo uvrščamo v prvi in drugi kakovostni razred RCE. Od sredine struge do konca jo uvrščamo v tretji in četrti kakovostni razred.

## 9. POVZETEK

Reka Rižana je kraški vodotok, njeno povodje obsega gričevnato območje do nadmorske višine 500 m; dolga je nekaj nad 14 km. Prispevno območje Rižane predstavlja zaledje Krasa, ocenili so, da je območje veliko 200 km<sup>2</sup>. Rižana izvira pod kraškim robom pri cerkvi svete Marije v bližini naselja Hrastovlje, izliva pa se v Koprski zaliv, zahodno od Srmina, prazgodovinske oz. zgodnjericke naselbine (danes tankersko pristajališče v Luki Koper). Delno se izliva tudi v Škocjanski zatok. Reka Rižana je tipična kraška reka z vsemi lastnostmi površinskih voda, kar pomeni, da hitro reagira na vse zunanje spremembe. Močno je izpostavljena letnemu nihanju v količini in kakovosti vode, ki je odvisna od količine padavin.

Reko smo razdelili na deset vzorčnih mest, kjer smo merili fizikalne in kemijske parametre trikrat v letu (avgust, oktober in januar). Na terenu smo opravili meritve temperature, koncentracije kisika, nasičenosti s kisikom, električne prevodnosti in pH. Za analizo koncentracije nitratnih in ortofosfatnih ionov smo vzeli vzorce in jih kasneje določili v laboratoriju. Z metodo RCE smo naredili širšo okoljsko oceno vodotoka, z analizo CCA smo določili, kakšne so povezave med okoljem in pojavnostjo rastlinskih vrst.

Temperatura narašča po toku navzdol; na delih, kjer se rečna voda meša z morskjo, se temperatura med njima izenači, ravno tako se poveča električna prevodnost. Elektroprevodnost vode na ostalih mestih je nekoliko povišana v primerjavi s celinskimi vodotoki, vendar ne odstopa od vrednosti elektroprevodnosti tekočih voda na karbonatni podlagi. Koncentracija kisika in nasičenost sta nekoliko nižji na izviro, povišani pa na mestu, kjer se reka izliva v Škocjanski zatok. pH je na račun karbonatne podlage, ki deluje kot pufer, povsod bolj ali manj enak. Hitrost vodnega toka se pogosto spreminja na račun razgibanosti struge, kjer se izmenjujejo brzice in tolmoni. Najbolj opazne in vplivne spremembe vodnega toka smo opazili v spodnjem toku reke, kjer se ta z zapornicami razcepi na dva dela, ki se končujeta ločeno v morju. Posledično se spremeni struktura struge in sedimenta. Velike kamne nadomestijo drobni anorganski delci.

V rastni sezoni 2005 smo v reki Rižani popisovali pojavljanje, razporeditev in pogostost vodnih makrofitov. V ta namen smo strugo razdelili na 36 odsekov glede na spremembe v strugi in glede na spremembe v izrabi tal v zaledju. V celotni strugi smo popisali 26 različnih taksonov. 14 vrst je bilo emerznih, 11 je bilo submerznih, našli pa smo tudi en primerek neukoreninjenega natantnega

makrofita (*Lemna minor*). Vrste iz debla *Bryophyta* so bile prisotne v skoraj vseh pregledanih odsekih, nekatere vrste so bile najdene samo v zgornjem toku. To sta obe vrsti vodnih zlatih (*Ranunculus circinatus* in *R. trichophyllus*) in vodnih jetičnikov (*Veronica beccabunga* in *V. annagalis-aquatica*), ki so bolj občutljive, na spremembe in obremenjevanje vodnega okolja. Določene vrste, ki so kozmopolitske in manj občutljive smo popisali samo v spodnjem toku reke, npr. tujerodno vrsto *Groenladia densa* in najpogostejšo močvirsko vrsto v primorju *Phragmites australis*.

Po raziskavah RCE je kakovost vodotoka in zaledja veliko boljša na izviri in zgornjem delu. V zaledju se pojavljajo gozdne površine, ki se nadaljujejo v zapuščene kmetijske površine. Točkovanje izvirskega in zgornjega dela uvršča Rižano v prvi in drugi kakovostni razred RCE. Po toku navzdol je viden vpliv urbanizacije okolja s cestnimi in železniškimi povezavami. Nekje na sredini se začnejo ob reki pojavljati manjša in večja naselja, pojavijo se prvi industrijski obrati in avtocestna povezava. Okolje postaja vedno bolj degradirano zato, jo od sredine struge do konca uvrščamo v tretji in četrti kakovostni razred RCE.

## 10. VIRI

Abou-Hamdan H., Haury, J., Hebrard J.P., Dandelot S. & Cazaubon A., 2005, Macrophytic communities inhabiting the Huveaune (South-East France) a river subject to natural and anthropic disturbances. *Hydrobiologia*, 551: 161-170

Agencija Republike Slovenije za okolje in prostor, 2007, Monitoring kakovosti površinskih vodotokov v Sloveniji v letu 2005, Ministrstvo za okolje in prostor: 29-83

Asaeda T., Fujino T. and Manatunge J., 2005, Morphological adaptations of emergent plants to water flow: a case study with *Typha angustifolia*, *Zizania latifolia* and *Phragmites australis*, *Freshwater Biology* 50: 1991-2001

Biggs B.J.F., 1996, Hydraulic habitat of plants in streams, *Regulated rivers: research & management*. 12: 131-144

Carr G.M., Duthie H.C., Taylor W.D., 1997, Models of aquatic plant productivity: a review of the factors that influence growth. *Aquatic botany* 59: 195-215

Carr G.M., Chambers P.A., 1998, Macrophyte growth and sediment phosphorus and nitrogen in a Canadian prairie river, *Freshwater Biology*, 39:525-536

Clarke S.J., 2002, Vegetation growth in rivers: influence upon sediment and nutrient dynamics. *Progress in Physical Geography* 26: 159-172

Chovanec A., Schiemer F., Cabela A., Gressler S. et al., 2000, *Regulated rivers: Research and management, Constructed inshore zones as river corridors through urban areas – The Danube in Vienna: Preliminary results*, John Wiley & Sons Ltd, 16: 175-187

Commission of the European Communities, 1985, CORINE (Coordination of information on the environment) programme of the Commission of the European communities (Official Journal L 176, 6.7.1985). (15.11.2005) <http://www.reports.eea.int/CORO-part1/en/landcover1.pdf>

Cronk J.K., Fennessy M.S., 2001, *Wetland plants: biology and ecology*. Lewis Publisher: 426

Daniel H., Bernez I. & Haury J., 2006, Relationships between macrophytic vegetation and physical features of river habitats: the need for a morphological approach. *Hydrobiologia*, 570: 11-17

Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy. Luxembourg, European Parliament and Council, 2000: 94

Egertson C.J., Kopaska J.A. & Downing J.A., 2004, A century of change in macrophyte abundance and composition in response to agricultural eutrophication. *Hydrobiologia* 524: 145-156

Fox A.M., 1992, *Macrophytes. V: The Rivers Handbook. Hydrological and ecological principles. Volume one*. Calow P., Petts G.E. (eds) Oxford, Blackwell Science: 216-233

Gaberščik A., 1997, Makrofiti in kvaliteta voda. *Acta Biologica Slovenica* 41: 141-148

Gantes H.P., Caro A.S., 2001, Environmental heterogeneity and spatial distribution of macrophytes in plain streams. *Aquatic Botany* 70: 225-236

Grasmuck N., Haury J., Leglizze L. & Muller S., 1995, Assessment of the bio-indicator capacity of aquatic macrophytes using multivariate analysis. *Hydrobiologia* 300/301: 115-122

Germ M., Gaberščik A., Dolinšek M., 2003, Macrophytes of river Ižica – comparison of species composition and abundance in the years 1996-2000. *Arch. Hydrobiol. Suppl*, 147:181-193

Grbović J., 2007, Slovenski vodotoki in novosti v standardizaciji ocenjevanja voda, Agencija RS za okolje (ARSO): 13-17

Hauer R.F., Hill W.R., 1996. Temperature, light and oxygen. V: *Methods in stream ecology*. Hauer R.F., Lambretti G.A. (eds.) Academic Press: 93-106

Haury J., 1996, Assessing functional typology involving water quality, physical features and macrophytes in a Normandy river. *Hydrobiologia*, 340: 43-49

Holmes M.G., Klein W.H., 1987, The light and temperature environments. V: Plant life in Aquatic and Amphibious Habitats. Crawford, R.M.M. (ur.) Oxford, Blackwell Scientific Publications: 3-22

Hoyer M.V., Frazer T.K., Notestein S.K. & Canfield D.E., 2004, Vegetative characteristic of three low-lying Florida costal rivers in relation to flow, light, salinity and nutrients. *Hydrobiologia* 528: 31-43

Hutchinson G.E., 1975. A Treatise on Limnology. Volume III. Limnological Botany. New York, John Wiley & sons: 660

Interaktivni atlas Slovenije 3,0, Slovenija na zemljevidih, slikah, v besedi, 1998, Ljubljana (Založba Mladinska knjiga in geodetski zavod Slovenije)

Janauer G., 2002, MIDCC: Macrophyte Inventory Danube/ Corridor and catchment. Guidance on the Assessment of Aquatic Macrophytes in the river Danube, in water bodies of the fluvial corridor, and in its tributaries. <http://www.midcc.at>

Kladnik D., Brancelj I.R., Smrekar A., 2003, Gnojni objekti kot nevarni točkovni viri obremenjevanja podtalnice ljubljanskega polja, *Acta Geographica Slovenica*, 43: 135-139

Kunaver J., Drobnjak B., Klemenčič M.M., Lovrenčak F., Luževič M., Pak M., Senegačnik J., Buser S., 1996 (2.izdaja). Obča geografija: za 1. letnik srednjih šol. Ljubljana, Državna založba Slovenije: 116

LeRoy Poff N., Allan J.D. e tal., 1997, The natural flow regime (A paradigm for river conservation and restoration), *BioScience*, 47: 769-784

Mackay S.J., Arhinton A.H., Kennard M.J., Pusey B.J., 2003, Spatial variation in the distribution and abundance of submersed macrophytes in an Australian subtropical river. *Aquatic Botany*, 77: 169-186



Mabely S.C., Spence D.N.H., 1989. Photosynthesis and photorespiration in freshwater organisms: Amphibious plants. *Aquatic botany*, 34:167-286

Madsen T.V., Breinholt M., 1995, Effects of Air Contact on Growth, Inorganic Carbon Sources and Nitrogen Uptake by an Amphibious Freshwater Macrophyte. *Plant Physiology*, 107: 149-154

Mantai K.E., Newton M.E., 1982, Root growth in *Myriophyllum*: a specific plant response to nutrient availability. *Aquatic Botany*, 13: 45-55

Martinčič A., 2003, Formativno delovanje ekoloških dejavnikov. Navodila za vaje. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 20

Martinčič A., Wraber T., Jogan N., Ravnik V., Podobnik A., Turk B., Vreš B., 1999, Mala flora Slovenije. Ključ za določanje praprotnic in semenk. Tretja dopolnjena izdaja. Ljubljana, tehniška založba Slovenije: 845

Melzer A., 1985, Macrophytische wasserpflanzen als Bioindikatoren. *Naturwissenschaften*, 72: 456-460

Mestna občina Koper, 2005, <http://www.koper.si/podrocje.aspx>

Murphy et al., 1990, Strategy analysis of submerged lake macrophyte communities: an international example, *Aquatic Botany*, 36: 303-323

Ogrin, *Anales: Anali Koprškega primorja in bližnjih pokrajin*, 1, 1991, 19-32

Pall K., Janauer G.A., 1995, Die makrophytenvegetation von Flusstauen am Beispiel der Donau zwischen Fluss – km 2552,0 und 2511,8 in der Bundesrepublik Deutschland. *Arch. Hydrobiol., Suppl. 101, Large Rivers 9, 2: 91-109*

Petersen R.C., 1992, The RCE: a Riparian, Channel and Environmental Inventory for small streams in agricultural landscape. *Freshwater Biology* 27: 25-306

Pip E., 1989, Water temperature and freshwater macrophyte distribution. *Aquatic Botany*, 34: 367-373

Preston C.D., 1995, *Ponweeds of Great Britain and Ireland*, London, Botanical Society of the British Isles: 352

Rascio N., 2002, The underwater life of secondary Aquatic plants: Some problems and solutions. *Critical Reviews in plant Sciences*, 21: 401-427

Rejic M., 1988, *Sladkovodni ekosistemi in varstvo voda*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, VTOZD za gozdarstvo: 225

Rižanski vodovod Koper, 2005, <http://www.rvk-jp.si/>

Riis T., Biggs B.J.F. 2003, Hydrologic and hydraulic control of macrophyte establishment and performance in streams. *Limnol. Oceanogr.*, 48: 1488-1497

Riis T., Sand-Jensen K., 2001, Historical changes in species composition and richness accompanying perturbation and eutrophication of Danish lowland streams over 100 years. *Freshwater Biology* 46: 269-280

Robach F., Thiebaut G., Tremolieres M. & Muller S., 1996, A reference system for continental running waters: plant communities as bioindicators of increasing eutrophication in alkaline and acidic waters in north-east France, *Hydrobiologia*, 340: 64-76

Sand-Jensen K., 1989, Environmental variables and their effects on photosynthesis of aquatic plants communities. *Aquatic Botany*, 63: 23-35

Sand-Jensen K., 1998, Influence of submerged macrophytes on sediment composition and near-bed flow in lowland streams. *Freshwater Biology*, 39: 663-679

Ter Braak C.J.F., 1987, The analysis of vegetation – environment relationships by canonical correspondence analysis, *Vegetatio* 69: 69-77

Ter Braak C.J.F., Verdonschot P.F.M. 1995, Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology, *Aquatic Sciences* 57: 153-187

Trei T., Pall P., 2004, Macroflora in the watercourses of Saaremaa Island (Estonia), *Boreal Environment research* 9: 25-35

Toman M.J., 2004, *Limnologija, Predavanja*

Tome D., 2006, *Ekologija; Organizmi v prostoru in času*, Tehniška založba Slovenije, 22-296

Trošt-Sedej, 2005, *Ekologija rastlin: priročnik za vaje*, Ljubljana, Študentska založba: 81

Urbanič G., Toman M.J., 2004, *Varstvo celinskih voda*, Študentska založba: 8-73

Umanotera, 2007, <http://www.umanotera.org/>

Westlake D.F., 1975, *Macrophytes. V: River ecology*. Whitton A.d. Oxford London Edinburgh Melbourne: 106-126

Wetzel R.G., 1990, *Land water interfaces. Metabolic and limnological regulators*. Verh. Internat. Verein. Limnol. 24: 6-24

Wetzel R.G., 2001, *Limnology. Lake and river ecosystems. Third edition*. San Diego, Academic press: 1006

Wharton G., 2000, *Managing river environments*. Cambridge, Cambridge University Press: 92

Zakon o vodah, Uradni list RS, 67/2002

## 11. ZAHVALA

Na koncu svoje študijske poti bi se rada zahvalila vsem, ki so verjeli vame.

Prof. dr. Alenki Gaberščik za mentorstvo in strokovno pomoč med študijem in izdelovanjem diplome.

Doc. dr. Jožetu Bavconu za pregled in popravke. Prof. dr. Mihaelu J. Tomanu za natančno recenzijo diplome.

Urški Kuhar za nesebično pomoč, njen čas in odgovore na moja številna vprašanja med delom.

Iz srca se bi se rada zahvalila Urošu za pomoč, pri terenskem delu in neskončnih oblikovnih ukanah med pisanjem diplome, ter podporo, ki mi jo nudi vsak trenutek v vsakdanjem življenju.

Zahvaljujem se tudi svoji družini, ki mi je omogočila študij Biologije ter za njihovo potrpežljivost in podporo med študijem.

Posebna zahvala velja mojemu edinemu, zvestemu spremljevalcu na terenu, ki ga ni bilo potrebno nikoli prositi, naj gre z mano.

## 12. PRILOGE

### 12.1 PRILOGA A

#### 12.1.1 Podatki fizikalno kemijskih meritev

Temperatura	VM 1	VM 2	VM 3	VM 4	VM 5	VM 6 RZ	VM 7	VM 8 ŠZ	VM 9	VM 10 LK
10.8.2005	11,4	12,3	12,8	13,5	14,5	15,2	17,7	26,4	16,7	21,5
22.10.2005	11,1	11,3	11,6	11,6	11,6	12,1	12,9	13,7	12,5	13,4
31.1.2006	10,8	10,8	10,8	10,8	10,4	10,2	7,6	10,2	10,1	8,3

Količina kisika (mg/L)	VM 1	VM 2	VM 3	VM 4	VM 5	VM 6 RZ	VM 7	VM 8 ŠZ	VM 9	VM 10 LK
10.8.2005	11,7	12,8	13,3	13,9	13,2	10,7	12,2	17,5	13,3	10,5
22.10.2005	6,9	7,3	7,9	8,2	7,1	7,6	6,2	3,9	14,4	6,6
31.1.2006	10,2	11,7	11,8	12,5	11,4	12,5	12,3	12,3	12,7	10,9

nasičenost s kisikom	VM 1	VM 2	VM 3	VM 4	VM 5	VM 6 RZ	VM 7	VM 8 ŠZ	VM 9	VM 10 LK
10.8.2005	108	122	125	134	128	103	126	208	137	122
22.10.2005	37	102	112	116	98	104	89	63	103	69
31.1.2006	92	105	108	113	106	111	103	108	106	92

pH	VM 1	VM 2	VM 3	VM 4	VM 5	VM 6 RZ	VM 7	VM 8 ŠZ	VM 9	VM 10 LK
10.8.2005	7,8	8,2	8,4	8,6	8,6	8,6	8,4	8,6	8,7	8,4
22.10.2005	8,0	8,0	8,0	8,2	8,3	8,3	8,2	8,0	7,7	8,2
31.1.2006	7,7	7,7	7,8	8,2	8,3	8,3	8,2	7,7	8,3	8,2

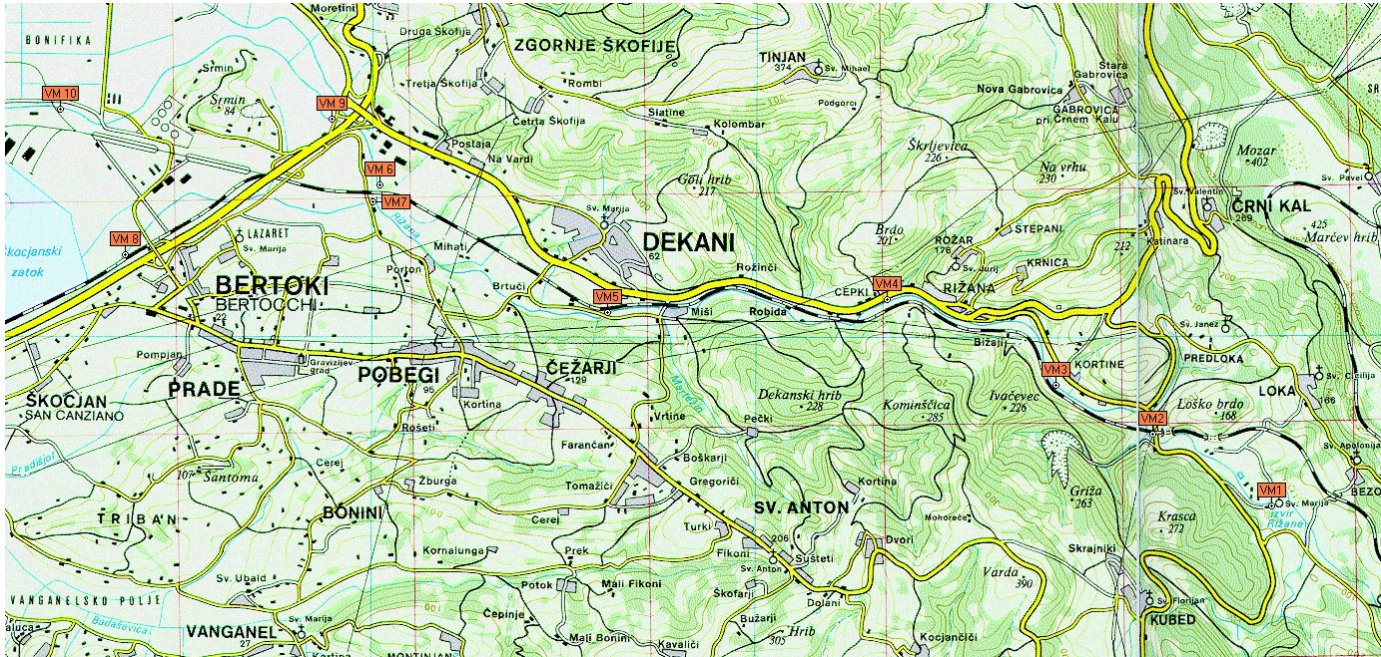
elektroprevodnost	VM 1	VM 2	VM 3	VM 4	VM 5	VM 6 RZ	VM 7	VM 8 ŠZ	VM 9	VM 10 LK
10.8.2005	385	390	397	390	398	382	419	1173	376	1954
22.10.2005	431	437	436	430	430	433	451	3970	421	2980
31.1.2006	412	416	420	416	420	418	469	2020	420	3300

Nitrati	VM 1	VM 2	VM 3	VM 4	VM 5	VM 6 RZ	VM 7	VM 8 ŠZ	VM 9	VM 10 LK
5.8.2005	3,65	3,55	4,18	3,73	3,77	3,95	2,66	0,40	3,23	1,09
22.10.2005	0,94	1,87	1,21	0,53	1,56	1,39	1,21	0,94	1,60	1,17
31.06.2006	3,57	4,24	4,00	3,61	3,93	3,95	6,01	5,10	4,27	2,15

Fosfati	VM 1	VM 2	VM 3	VM 4	VM 5	VM 6 RZ	VM 7	VM 8 ŠZ	VM 9	VM 10 LK
5.8.2005	0,004	0,015	0,004	0,003	0,017	0,020	0,033	0,010	0,002	0,027
22.10.2005	0,021	0,010	0,017	0,233	0,027	0,037	0,021	0,021	0,010	0,101
31.06.2006	0,008	0,003	0,012	0,015	0,017	0,065	0,015	0,011	0,018	0,028

## 12.2 PRILOGA B

### 12.2.1 Zemljevid območja reke Rižane in vzorčna mesta fizikalno – kemijskih parametrov in odsekov popisovanj vodnih makrofitov



## 12.3 PRILOGA C

### 12.3.1 Ocena habitata

1. Struktura brežine
  - 1– veliki kamni ali kvadri, uporabljeni za stabilizacijo bregov in regulacijo reke, mega-, makro-, mesolital ( $> 6,3$  cm)
  - 2– prod (mikrolital in alkal, 0,2 -6,3 cm)
  - 3– pesek, psamal (0,063 - 0,2 cm)
  - 4– drobni anorganski material, pelal ( $< 0,063$  cm)
  - 41– fini, droben (položna brežina)
  - 42– fini, navpičen (strma brežina)
  - 5– beton ali kak drug nasipan umeten material
  - 6– naplavine oz. plavajoče preproge (floating mats) ali drug organski material
  
2. Tip sedimenta
  - 1- skale, mega-, makro- in mesolital ( $>0,3$  cm)
  - 2- prod (mikrolital in alkal, 0,2 – 6,3 cm)
  - 3- pesek, psamal (0,063 – 0,2 cm)
  - 4- drobni anorganski material, pelal ( $< 0,063$  cm)
  - 5- umeten material (beton, asfalt,...)
  - 6- detrit ali drug organski material
  
3. Ocena hitrosti toka
  - 1- brez toka, stoječa voda
  - 2- počasen tok, komaj viden, do 30 cm/s
  - 3- srednje hiter tok, 35 – 65 cm/s
  - 4- hiter tok, več kot 70 cm/s
  
4. Tip zaledja
  - 1- umetne površine
    - 11- urbane površine (mesta, naselja, 11908 – vasi)
    - 12- industrijske, komercialne, transportne enote (ceste, železnice, pristanišča, ladjedelnice)
    - 13- rudniki, odlagališča, gradbišča
    - 14- umetne, ne kmetijske površine (pokopališča, parki, igrišča...)
  
  - 2- kmetijske površine
    - 21- orne površine (rastlinjaki in do 3 leta stare opuščene njive)
    - 22- trajnice (vinogradi, nasadi sadnega drevja, ribeza, topola, oljčnic,...)
    - 23- pašniki
    - 24- mešane kmetijske površine
  
  - 3- gozdovi in pol naravne površine
    - 31- gozd
      - 311- listopadni gozd, vključno s topolom in drugimi olistanimi lesnimi vrstami v obrežnem pasu
      - 312- iglasti gozd
      - 313- mešani gozd

32- grmovje

33- odprte površine z malo ali nič vegetacije (plaže, sipine, obrežje, skale,...)

močvirja

34- celinska močvirja

411- celinski marši

43- šotna barja

5112- kanali (umetne strukture)

## 12.4 PRILOGA D

Abiotik	struktura brega	sediment	uporaba okolja	hitrost vode
1. odsek	42	1	311	3
2. odsek	42	1	24	3
3. odsek	42	1	24	2
4. odsek	42	1/4	13	2
5. odsek	1/42	1	24	3
6. odsek	41	1	24	3/4
7. odsek	41	1/4	24	2
8. odsek	42	1/4	12/24	3
9. odsek	42	1/4	12/24	3
10. odsek	42	1/4	12/24	3
11. odsek	42/5	1/4	12	3
12. odsek	5	1/3	12/11908	2/3
13. odsek	41	1/3	12/24	2/3
14. odsek	42/1	1	12/24	2/3
15. odsek	41	1	12/24	2
16. odsek	41	1/3	24/31	2
17. odsek	41/5	1/3	24	2/3
18. odsek	1/5	1	24	2
19. odsek	41/5	1/3	12/24	1/2
20. odsek	41/1	1/3	12/24	2
21. odsek	41	1/3	12/24	2
22. odsek	41	1/3	12/24	2
23. odsek	41	1	24	2/3
24. odsek	42	1/3	24	2/3
25. odsek	41/5	1	24	3
26. (a) ods	41	1	24	3
27. (a) ods	41/5	1/5	12/24	3
28. (a) ods	42/5	3/5	12/24	2
29. (a) ods	42	3/6	24	2
30. (a) ods	42	3/6	24	2
31. (a) ods	42/5	3/6	12/24	2
32. (a) ods	41/5	3/5	12/34	2/3
33. (a) odsek				

**drugi del odsepa proti Iplasu okoli Sermina v Luko**

26. odsek	41/5	1/5	11/12/24	4/3
27. odsek	41/5	1/5	11/12	3/2
28. odsek	42	1/6	24/5112	3/2
29. odsek	41/5	1/5	11/12/24	2



## 12.5 PRILOGA E

### 12.5.1 Ocena abundance makrofitskih vrst s 5 – stopenjsko lestvico

1. redka rastlina
2. pojavlja se občasno
3. redna
4. pogosta
5. prevladujoča

### 12.5.2 Rastne oblike rastlinskih vrst

- ap – plavajoče neukoreninjene rastline
- sp – potopljene neukoreninjene rastline
- sa – potopljene ukoreninjene rastline (s pomočjo korenin, rizoidov ali drugih pritrjevalnih organov)
- fl – plavajoče ukoreninjene rastline
- am – rastline z amfibijskim značajem (če je več na bregu – he, če je več v vodi – sa)
- he – močvirske rastline ali helofiti, še očitno povezane z vodnim telesom

## 12.6 PRILOGA F

## 12.6.1 Abundanca makrofitov v Rižani

odsek	<i>Ran. Trich.</i>	<i>Ran. Circ.</i>	<i>Cal.</i>	<i>Nast. Off.</i>	<i>Ver. Becc.</i>	<i>er. Ann.-aqu</i>	<i>Agr. Stol</i>	<i>Bry.</i>	<i>March. Poly.</i>	<i>Spa. Ngl.</i>	<i>Junc spp.</i>	<i>Men.xdum</i>	<i>nit. alge</i>
1	2	2	1	3	2	2	2	4	2	1	1	1	0
2	0	0	2	2	2	2	1	4	0	1	0	0	0
3	0	0	0	2	2	2	1	4	0	1	0	3	0
4	0	0	1	0	2	0	0	3	0	1	0	0	0
5	0	0	0	1	0	0	2	0	2	1	1	0	0
6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	1	2	2	0	2	1	0
8	0	0	0	1	0	0	1	2	2	0	2	0	0
9	0	0	0	0	0	0	2	2	2	1	1	1	1
10	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0
11	0	0	0	0	0	1	0	3	2	1	0	0	3
12	0	0	0	0	0	0	2	3	2	0	1	0	3
13	0	0	0	0	0	0	1	2	2	0	2	1	1
14	0	0	0	1	0	0	2	2	2	0	1	0	2
15	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	1	2
16	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	1	0	2
17	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	2	2	1	0	0	0	2
19	0	0	0	0	0	0	2	3	2	0	2	1	2
20	0	0	0	0	0	0	1	3	2	0	1	0	2
21	0	0	0	0	0	0	1	3	2	0	1	0	2
22	0	0	0	0	0	0	2	3	2	0	1	0	2
23	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	1	0	2
24	0	0	0	1	0	1	2	2	2	1	1	1	1
25	0	0	0	1	0	0	2	2	1	1	0	1	1
26 (a)	0	0	0	4	2	0	3	1	0	1	0	0	0
27 (a)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28 (a)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29 (a)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30 (a)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31 (a)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32 (a)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

odsek	<i>Epi. Hirs.</i>	<i>Ber. Ere</i>	<i>Ali. Lanc.</i>	<i>Zann. Pal.</i>	<i>Pot. Cri.</i>	<i>Groen. densa</i>	<i>Equ. Syl.</i>	<i>Equ. sp.</i>	<i>Elo. Can.</i>	<i>Typha</i>	<i>Phr. Aust.</i>	<i>Lyth. Sal.</i>	<i>Lemm Minor</i>
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
10	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0
11	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0
12	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0
13	0	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
16	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
18	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
25	2	1	0	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0
26 (a)	2	2	2	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2
27 (a)	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
28 (a)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
29 (a)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
30 (a)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
31 (a)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
32 (a)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
34	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	3	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0

## 12.7 PRILOGA G

	K O O R D I N A T E		Dolžina odseka (m)
	N	E	
1	45° 31' 41,5"	13° 53' 06,1"	
2	45° 31' 43,3"	13° 52' 57,3"	199
3	45° 32' 00"	13° 52' 30,3"	780
4	45° 32' 01,8"	13° 52' 19,3"	245
5	45° 32' 08,1"	13° 52' 05,0"	366
6	45° 32' 08,4"	13° 51' 54,7"	224
7	45° 32' 12,4"	13° 51' 42"	302
8	45° 32' 22,3"	13° 51' 35,2"	339
9	45° 32' 30,4"	13° 51' 29,8"	276
10	45° 32' 30,6"	13° 51' 13,3"	358
11	45° 32' 32,5"	13° 51' 01,04"	272
12	45° 32' 38,1"	13° 50' 50,8"	281
13	45° 32' 38,6"	13° 50' 37,9"	280
14	45° 32' 32,4"	13° 50' 24,6"	346
15	45° 32' 32,1"	13° 50' 11,5"	284
16	45° 32' 34,6"	13° 49' 55,8"	349
17	45° 32' 38,9"	13° 49' 40,8"	352
18	45° 32' 39,7"	13° 49' 28,0"	279
19	45° 32' 34,7"	13° 49' 20,6"	223
20	45° 32' 36,2"	13° 49' 06,6"	307
21	45° 32' 34,8"	13° 48' 49,6"	371
22	45° 32' 34,3"	13° 48' 33,6"	348
23	45° 32' 37,5"	13° 48' 07,6"	573
24	45° 32' 45,5"	13° 47' 51,4"	429
25	45° 32' 49,0"	13° 47' 35,7"	357
26	45° 33' 04,1"	13° 47' 15,0"	647
27	45° 33' 01,7"	13° 47' 01,7"	298
28	45° 33' 01,0"	13° 46' 53,1"	188
29	45° 33' 06,0"	13° 46' 34,3"	436
30	45° 33' 04,4"	13° 46' 22,4"	263
31	45° 33' 02,2"	13° 45' 51,9"	665
32	45° 32' 52,8"	13° 45' 47,4"	306
33	45° 33' 37,2"	13° 45' 17,3"	811
34	45° 33' 13,1"	13° 47' 10,4"	295
35	45° 33' 30,4"	13° 46' 59,7"	582
36	45° 33' 45,8"	13° 46' 10,1"	1176
37	45° 33' 30,9"	13° 45' 12,2"	1337

## 12.8 PRILOGA H

## 12.8.1 Slovenska različica RCE metode (Petersen 1992)

1. Izraba tal za obrežnim pasom (v zaledju struge)	
Zaledje poraslo z gozdom in/ali močvirji	30
Mozaik košenih travnikov/pašnikov, gozdov/močvirij ter malo obdelovalnih površin	20
Obdelovalne površine, košeni travniki/pašniki, posamezne hiše	10
Prevladujejo obdelovalne površine ali strnjeno urbano območje (hiše, tovarne)	1
2. Širina obrežnega (blažilnega) <sup>1</sup> pasu (od roba vodotoka do kmetijskih površin ali naselja)	
Močviren ali z lesnatimi rastlinami porasel pas širok več kot 30 m	30
Močviren ali z lesnatimi rastlinami porasel pas širok od 5 do 30 m	20
Močviren ali z lesnatimi rastlinami porasel pas širok 1 do 5 m	5
Močvirskih ali lesnatih rastlin ni	1
3. Sklenjenost vegetacije v obrežnem pasu	
Vegetacija obrežnega pasu brez prekinitev	30
Prekinitve vegetacije se pojavljajo v intervalih, večjih od 50 m	20
Prekinitve vegetacije se pojavljajo vsakih 50 m	5
Prekinitve pogoste, vzdolž celotne struge / obrežnega pasu ni	1
4. Vegetacija pasu 0-10 m od struge	
Več kot 90% poraščeno z nepionirskimi lesnatimi vrstami ali močvirskimi rastlinami	25
Vegetacijo sestavljajo pionirske vrste <sup>2</sup> dreves in grmov	15
Vegetacijo sestavljajo trave in posamezna drevesa ali grmi	5
Večinoma trave, posamezni grmi/tujerodne vrste <sup>3</sup> /urbane površine/vodotok kanaliziran	1
5. Zadrževalne strukture v strugi	
Skale in stara debla, trdno zasidrani v dno, ni usedlin	15
Skale in debla, za katerimi se odlagajo usedline	10
Zadrževalne strukture rahlo zasidrane; ob poplavih se premikajo	5
Peščene naplavine, zadrževalnih struktur malo	1
6. Oblika struge	
Zadošča za najvišje letne pretoke, razmerje širina/globina manj kot 7	15
Redko preplavljeni bregovi, razmerje širina/globina 8 do 15	10
Poplave ob zmerni količini vode, razmerje širina/globina 15 do 25	5
Poplave pogoste, razmerje širina/globina več kot 25 / vodotok kanaliziran	1
7. Usedline v strugi	
Odlaganje usedlin majhno, na povečanje struge nima vpliva	15
Nekaj ovir iz robotih skal in prodnikov ter malo mulja	10
Ovire iz skal, peska ali muljastih naplavin pogoste	5
Struga deljena v preplete <sup>4</sup> / vodotok kanaliziran	1
8. Struktura rečnega brega	
Breg stabilen, kamnit ali čvrsto utrjen s koreninami trav, grmovja in dreves	25
Breg trden, korenine trav, grmovja in dreves ga le delno utrjujejo	15
Breg iz rahle prsti, nekoliko utrjen z redkim slojem rastlin	5
Breg nestabilen, iz rahle prsti ali peska, tok ga spodjeda / breg je umetno utrjen	1
9. Spodjedanje brega	
Ni vidno ali pa je omejeno na območja, kjer so korenine dreves	20
Samo na rečnih zavojih in zožitvah	15
Spodjedanje brega pogosto	5
Močno spodjedanje vzdolž struge, breg se ruši / breg je umetno utrjen	1

## 10. Dno vodotoka

Kamnito dno, sestavljeno iz delcev različnih velikosti z očitnimi intersticielnimi prostori	25
Lahkogibljivo kamnito dno z malo mulja	15
Dno iz mulja, peska in gramoza; stabilno na nekaterih mestih	5
Dno iz rahlo sprijetega peska in mulja, kamnitega substrata ni	1

## 11. Pojavljanje brzic, tolmunov in meandrov

Jasno vidni, prisotni na razdaljah od 5-7 kratne širine vodotoka	25
Nepravilno razporejeni	20
Dolge tolmune ločujejo kratke brzice, meandrov ni	10
Brzic, tolmunov in meandrov ni / vodotok kanaliziran	1

## 12. Detrit

Prevladujeta listje in les, sedimenta ni	25
Nekaj listja in lesa ter nekaj drobnega organskega materiala, sedimenta ni	10
Listja in lesa ni, prisotni grobi in fini organski delci, pomešani s sedimentom	5
Fin, anaeroben sediment, brez grobih delcev	1

## Vrednotenje rezultatov:

Razred	Št. točk	Ocena	Barva	Priporočena dejavnost
I	227-280	odlično	modra	Biomonitoring in zaščita obstoječega stanja – referenčna lokacija
II	173-226	zelo dobro	zelena	Potrebne so spremembe na posameznih odsekih
III	119-172	dobro	rumena	Potrebne so manjše spremembe vzdolž večjega dela struge
IV	65-118	slabo	rjava	Potrebne so večje spremembe struge in blaženje učinkov iz zaledja
V	12-64	zelo slabo	rdeča	Potrebna je reorganizacija struge in blaženje učinkov iz zaledja

## Opombe:

<sup>1</sup> obrežni pas: pas močvirske ali lesnate vegetacije, ki tvori prehod med vodnim in kopenskim ekosistemom; vodotok ščiti pred vplivi iz zaledja (zadržuje snovi, ki se lahko sperejo s kopnega - hranila, različni polutanti, ...) ter pripomore k stabilnosti bregov

<sup>2</sup> pionirske vrste: vrba, jelša, topol

<sup>3</sup> če so prisotne tujerodne vrste, si zapiši, katere

<sup>4</sup> prepleti: v strugi se pojavljajo otočki naplavin, na katerih je lahko prisotna vegetacija (vrbe, ...)



## 12.10 PRILOGA J

## 12.10.1 Ocena habitata za reko Rižano

Abiotik	struktura brega	sediment	uporaba okolja	hitrost vode
1. odsek	42	1	311	3
2. odsek	42	1	24	3
3. odsek	42	1	24	2
4. odsek	42	1/4	13	2
5. odsek	1/42	1	24	3
6. odsek	41	1	24	3/4
7. odsek	41	1/4	24	2
8. odsek	42	1/4	12/24	3
9. odsek	42	1/4	12/24	3
10. odsek	42	1/4	12/24	3
11. odsek	42/5	1/4	12	3
12. odsek	5	1/3	12/11908	2/3
13. odsek	41	1/3	12/24	2/3
14. odsek	42/1	1	12/24	2/3
15. odsek	41	1	12/24	2
16. odsek	41	1/3	24/31	2
17. odsek	41/5	1/3	24	2/3
18. odsek	1/5	1	24	2
19. odsek	41/5	1/3	12/24	1/2
20. odsek	41/1	1/3	12/24	2
21. odsek	41	1/3	12/24	2
22. odsek	41	1/3	12/24	2
23. odsek	41	1	24	2/3
24. odsek	42	1/3	24	2/3
25. odsek	41/5	1	24	3
26. (a) ods	41	1	24	3
27. (a) ods	41/5	1/5	12/24	3
28. (a) ods	42/5	3/5	12/24	2
29. (a) ods	42	3/6	24	2
30. (a) ods	42	3/6	24	2
31. (a) ods	42/5	3/6	12/24	2
32. (a) ods	41/5	3/5	12/34	2/3
33. (a) odsek				

**drugi del odcepa proti Iplasu okoli Sermina v Luko**

26. odsek	41/5	1/5	11/12/24	4/3
27. odsek	41/5	1/5	11/12	3/2
28. odsek	42	1/6	24/5112	3/2
29. odsek	41/5	1/5	11/12/24	2

## 12.11 PRILOGA K

## 12.11.1 Slovenska različica RCE metode (Petersen 1992)

1. Izraba tal za obrežnim pasom (v zaledju struge)	
Zaledje poraslo z gozdom in/ali močvirji	30
Mozaik košenih travnikov/pašnikov, gozdov/močvirij ter malo obdelovalnih površin	20
Obdelovalne površine, košeni travniki/pašniki, posamezne hiše	10
Prevladujejo obdelovalne površine ali strnjeno urbano območje (hiše, tovarne)	1
2. Širina obrežnega (blažilnega) <sup>1</sup> pasu (od roba vodotoka do kmetijskih površin ali naselja)	
Močviren ali z lesnatimi rastlinami porasel pas širok več kot 30 m	30
Močviren ali z lesnatimi rastlinami porasel pas širok od 5 do 30 m	20
Močviren ali z lesnatimi rastlinami porasel pas širok 1 do 5 m	5
Močvirskih ali lesnatih rastlin ni	1
3. Sklenjenost vegetacije v obrežnem pasu	
Vegetacija obrežnega pasu brez prekinitev	30
Prekinitve vegetacije se pojavljajo v intervalih, večjih od 50 m	20
Prekinitve vegetacije se pojavljajo vsakih 50 m	5
Prekinitve pogoste, vzdolž celotne struge / obrežnega pasu ni	1
4. Vegetacija pasu 0-10 m od struge	
Več kot 90% poraščeno z nepionirskimi lesnatimi vrstami ali močvirskimi rastlinami	25
Vegetacijo sestavljajo pionirske vrste <sup>2</sup> dreves in grmov	15
Vegetacijo sestavljajo trave in posamezna drevesa ali grmi	5
Večinoma trave, posamezni grmi/tujerodne vrste <sup>3</sup> /urbane površine/vodotok kanaliziran	1
5. Zadrževalne strukture v strugi	
Skale in stara debla, trdno zasidrani v dno, ni usedlin	15
Skale in debla, za katerimi se odlagajo usedline	10
Zadrževalne strukture rahlo zasidrane; ob poplavih se premikajo	5
Peščene naplavine, zadrževalnih struktur malo	1
6. Oblika struge	
Zadošča za najvišje letne pretoke, razmerje širina/globina manj kot 7	15
Redko preplavljeni bregovi, razmerje širina/globina 8 do 15	10
Poplave ob zmerni količini vode, razmerje širina/globina 15 do 25	5
Poplave pogoste, razmerje širina/globina več kot 25 / vodotok kanaliziran	1
7. Usedline v strugi	
Odlaganje usedlin majhno, na povečanje struge nima vpliva	15
Nekaj ovir iz robotih skal in prodnikov ter malo mulja	10
Ovire iz skal, peska ali muljastih naplavin pogoste	5
Struga deljena v preplete <sup>4</sup> / vodotok kanaliziran	1
8. Struktura rečnega brega	
Breg stabilen, kamnit ali čvrsto utrjen s koreninami trav, grmovja in dreves	25
Breg trden, korenine trav, grmovja in dreves ga le delno utrjujejo	15
Breg iz rahle prsti, nekoliko utrjen z redkim slojem rastlin	5
Breg nestabilen, iz rahle prsti ali peska, tok ga spodjeda / breg je umetno utrjen	1
9. Spodjedanje brega	
Ni vidno ali pa je omejeno na območja, kjer so korenine dreves	20
Samo na rečnih zavojih in zožitvah	15
Spodjedanje brega pogosto	5
Močno spodjedanje vzdolž struge, breg se ruši / breg je umetno utrjen	1



10. Dno vodotoka		
Kamnito dno, sestavljeno iz delcev različnih velikosti z očitnimi intersticielnimi prostori	25	
Lahkogibljivo kamnito dno z malo mulja		15
Dno iz mulja, peska in gramoza; stabilno na nekaterih mestih		5
Dno iz rahlo sprijetega peska in mulja, kamnitega substrata ni		1
11. Pojavljanje brzic, tolmunov in meandrov		
Jasno vidni, prisotni na razdaljah od 5-7 kratne širine vodotoka		25
Nepravilno razporejeni		20
Dolge tolmune ločujejo kratke brzice, meandrov ni		10
Brzic, tolmunov in meandrov ni / vodotok kanaliziran	1	
12. Detrit		
Prevladujeta listje in les, sedimenta ni		25
Nekaj listja in lesa ter nekaj drobnega organskega materiala, sedimenta ni		10
Listja in lesa ni, prisotni grobi in fini organski delci, pomešani s sedimentom		5
Fin, anaeroben sediment, brez grobih delcev	1	

Vrednotenje rezultatov:

Razred	Št. točk	Ocena	Barva	Priporočena dejavnost
I	227-280	odlično	modra	Biomonitoring in zaščita obstoječega stanja – referenčna lokacija
II	173-226	zelo dobro	zelena	Potrebne so spremembe na posameznih odsekih
III	119-172	dobro	rumena	Potrebne so manjše spremembe vzdolž večjega dela struge
IV	65-118	slabo	rjava	Potrebne so večje spremembe struge in blaženje učinkov iz zaledja
V	12-64	zelo slabo	rdeča	Potrebna je reorganizacija struge in blaženje učinkov iz zaledja

Opombe:

<sup>1</sup> obrežni pas: pas močvirske ali lesnate vegetacije, ki tvori prehod med vodnim in kopenskim ekosistemom; vodotok štiti pred vplivi iz zaledja (zadržuje snovi, ki se lahko sperejo s kopnega - hranila, različni polutanti, ...) ter pripomore k stabilnosti bregov

<sup>2</sup> pionirske vrste: vrba, jelša, topol

<sup>3</sup> če so prisotne tujerodne vrste, si zapiši, katere

<sup>4</sup> prepleti: v strugi se pojavljajo otočki naplavin, na katerih je lahko prisotna vegetacija (vrbe, ...)

