

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Lea TRNOVŠEK

**OKOLJSKA OCENA IN MAKROFITI VODOTOKOV RAŠICA, ČRNI POTOK,  
ŠENTPAVELŠČICA IN KODELJEVEC**

DIPLOMSKO DELO  
Univerzitetni študij

**ENVIRONMENTAL ASSESSMENT AND MACROPHYTES IN STREAMS  
RAŠICA, ČRNI POTOK, ŠENTPAVELŠČICA AND KODELJEVEC**

GRADUATION THESIS  
University studies

Ljubljana, 2007

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

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

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: doc. dr. Jernej Jogan  
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: 24.4.2007

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

Lea Trnovšek

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Dd
- DK 581.5:582/.3:502.51(043.2)=863
- KG makrofiti/okoljska ocena/makrofiti/vodotoki/Rašica/Črni potok/Šentpavelščica/Kodeljevec
- AV TRNOVŠEK, Lea
- SA GABERŠČIK, Alenka (mentorica)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Večna pot 111
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo
- LI 2007
- IN OKOLJSKA OCENA IN MAKROFITI VODOTOKOV RAŠICA, ČRNI POTOK, ŠENTPAVELŠČICA IN KODELJEVEC
- TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)
- OP XII, 87 str., 1 pregl., 64 sl., 28 pril., 87 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI Namen naloge je bil ugotoviti pojavljanje, razporeditev in pogostost makrofitov v vodotokih Rašica, Črni potok, Šentpavelščica in Kodeljevec, raziskati kako fizikalni in kemijski dejavniki vplivajo na pojavljanje makrofitov in ugotoviti kakšna je povezava med okoljskimi razmerami in pojavljanjem makrofitov. V letu 2005 smo popisali makrofite na celotni dolžini izbranih vodotokov, določili njihovo pogostost, rastno obliko in habitatne parametre. Ocenili smo stanje širšega vodnega okolja z modificirano RCE metodo in na enajstih lokacijah trikrat izmerili izbrane fizikalne in kemijske parametre. Glede na okoljsko oceno se večji del Rašice uvršča v tretji RCE kakovostni razred, večino odsekov Črnega potoka v tretji oz. četrti RCE kakovostni razred, vsi odseki Šentpavelščice v najslabši peti RCE kakovostni razred, odseki Kodeljevca pa so se uvrstili v četrti oz. peti RCE kakovostni razred. Popisali smo 30 rastlinskih vrst, 20 v Rašici, 14 v Črnem potoku, 19 v Šentpavelščici in 13 v Kodeljevcu.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

- ŠD Dd
- DK 581.5:582/.3:502.51(043.2)=863
- KG macrophytes/environmental assessment/streams/Rašica/Črni potok/Šentpavelščica/Kodeljevec
- AV TRNOVŠEK, Lea
- SA GABERŠČIK, Alenka (supervisor)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Večna pot 111
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo
- LI 2007
- IN ENVIRONMENTAL ASSESSMENT AND MACROPHYTES IN STREAMS  
RAŠICA, ČRNI POTOK, ŠENTPAVELŠČICA AND KODELJEVEC
- TD Graduation Thesis (University studies)
- OP XII, 87 p., 1 tab., 64 fig., 28 ann., 87 ref.
- IJ sl
- JI sl/en
- AB The aim of this thesis was to determine the presence, distribution and abundance of macrophytes in streams Rašica, Črni potok, Šentpavelščica and Kodeljevec, to determine the influence of physical and chemical factors of water on the distribution of macrophytes and to establish the relation between environmental characteristics and the presence of macrophytes. In the season 2005 macrophytes of the streams were examined and their abundance, growth form and habitat parameters were estimated. The wider environmental assessment of the streams was carried out using modified RCE method, and some chemical and physical parameters were measured three times at eleven locations. According to the assessment, the larger part of Rašica belongs in the third RCE quality class, the greater part of Črni potok in the third or fourth RCE quality class, all sections of Šentpavelščica in the least favourable fifth RCE quality class, and sections of Kodeljevec stream in the fourth or fifth RCE quality class. 30 species of macrophytes have been found, 20 in Rašica, 14 in Črni potok, 19 in Šentpavelščica and 13 in Kodeljevec.

## KAZALO VSEBINE

<b>KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA .....</b>	<b>III</b>
<b>KEY WORDS DOCUMENTATION .....</b>	<b>IV</b>
<b>KAZALO VSEBINE .....</b>	<b>V</b>
<b>KAZALO PREGLEDNIC .....</b>	<b>VIII</b>
<b>KAZALO SLIK .....</b>	<b>IX</b>
<b>KAZALO PRILOG .....</b>	<b>XI</b>
<b>OKRAJŠAVE IN SIMBOLI .....</b>	<b>XII</b>
<b>1 UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2 DELOVNE HIPOTEZE .....</b>	<b>3</b>
<b>3 PREGLED OBJAV .....</b>	<b>4</b>
3.1 MAKROFITI .....	4
3.2 PRILAGODITVE MAKROFITOV NA VODNO OKOLJE .....	5
<b>3.2.1 Anatomske in morfološke značilnosti .....</b>	<b>5</b>
3.2.1.1 Listi .....	5
3.2.1.2 Steblo .....	6
3.2.1.3 Koreninski sistem .....	6
<b>3.2.2 Fiziološke prilagoditve .....</b>	<b>6</b>
3.3 DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NA USPEVANJE MAKROFITOV .....	7
<b>3.3.1 Hidromorfološki parametri .....</b>	<b>7</b>
3.3.1.1 Vodni tok .....	7
3.3.1.2 Globina vode in širina vodotoka .....	7
3.3.1.3 Substrat .....	8
3.3.1.4 Prosojnost vode .....	8
<b>3.3.2 Fizikalni in kemijski dejavniki .....</b>	<b>8</b>
3.3.2.1 Svetlobne razmere .....	8
3.3.2.2 Temperatura .....	9
3.3.2.3 Kemizem vode .....	9
<b>3.3.3 Interakcije med organizmi .....</b>	<b>10</b>
3.4 VLOGA MAKROFITOV V VODNEM EKOSISTEMU .....	11
3.5 MAKROFITI KOT POKAZATELJ STANJA VODOTOKA .....	11
3.6 ŠIRŠE OKOLJE VODOTOKA .....	12
<b>4 OPIS MESTA RAZISKAV .....</b>	<b>13</b>
4.1 ZNAČILNOSTI OBMOČJA .....	13
<b>4.1.1 Velikolaščanska pokrajina .....</b>	<b>14</b>
4.1.1.1 Rašica .....	14
4.1.1.2 Črni potok .....	16
<b>4.1.2 Dolenjsko podolje .....</b>	<b>16</b>
4.1.2.1 Šentpavelščica .....	17
4.1.2.2 Kodeljevec .....	18
4.2 ZEMLJEVIDI VODOTOKOV .....	19
<b>4.2.1 Rašica .....</b>	<b>19</b>
<b>4.2.2 Črni potok .....</b>	<b>20</b>
<b>4.2.3 Šentpavelščica .....</b>	<b>21</b>
<b>4.2.4 Kodeljevec .....</b>	<b>21</b>

<b>5 METODE DELA</b> .....	<b>22</b>
5.1 DELO NA TERENU .....	22
<b>5.1.1 Fizikalne in kemijske analize vode</b> .....	<b>22</b>
<b>5.1.2 Širša okoljska ocena vodotoka</b> .....	<b>22</b>
<b>5.1.3 Ocena habitatnih parametrov</b> .....	<b>23</b>
<b>5.1.4 Makrofiti</b> .....	<b>23</b>
5.2 OBDELAVA PODATKOV .....	23
<b>5.2.1 Fizikalne in kemijske analize vode</b> .....	<b>23</b>
<b>5.2.2 Širša okoljska ocena vodotoka</b> .....	<b>24</b>
<b>5.2.3 Kategorizacija vodotokov po RCE metodi v primerjavi s kategorizacijo po naravovarstvenem pomenu</b> .....	<b>24</b>
<b>5.2.4 Ocena habitatnih parametrov</b> .....	<b>24</b>
<b>5.2.5 Pojavljanje in pogostost makrofitov vzdolž celotne dolžine vodotokov</b> .....	<b>25</b>
<b>5.2.6 Dendrogram različnosti med odseki</b> .....	<b>27</b>
<b>5.2.7 Kanonična korespondenčna analiza (CCA)</b> .....	<b>27</b>
<b>6 REZULTATI</b> .....	<b>29</b>
6.1 FIZIKALNE IN KEMIJSKE ANALIZE VODE .....	29
<b>6.1.1 Temperatura vode</b> .....	<b>29</b>
<b>6.1.2 Koncentracija kisika</b> .....	<b>30</b>
<b>6.1.3 Nasičenost s kisikom</b> .....	<b>30</b>
<b>6.1.4 Električna prevodnost</b> .....	<b>31</b>
<b>6.1.5 pH</b> .....	<b>31</b>
<b>6.1.6 Vsebnost nitratov</b> .....	<b>32</b>
<b>6.1.7 Vsebnost fosfatov</b> .....	<b>33</b>
6.2 ŠIRŠA OKOLJSKA OCENA VODOTOKOV .....	34
<b>6.2.1 Rašica</b> .....	<b>34</b>
<b>6.2.2 Črni potok</b> .....	<b>36</b>
<b>6.2.3 Šentpavelščica</b> .....	<b>38</b>
<b>6.2.4 Kodeljevec</b> .....	<b>39</b>
6.3 OCENA HABITATNIH PARAMETROV .....	41
<b>6.3.1 Struktura brega</b> .....	<b>41</b>
6.3.1.1 Rašica .....	41
6.3.1.2 Črni potok .....	42
6.3.1.3 Šentpavelščica .....	42
6.3.1.4 Kodeljevec .....	43
<b>6.3.2 Tip sedimenta</b> .....	<b>43</b>
6.3.2.1 Rašica .....	44
6.3.2.2 Črni potok .....	44
6.3.2.3 Šentpavelščica .....	45
6.3.2.4 Kodeljevec .....	45
<b>6.3.3 Zaledje</b> .....	<b>46</b>
6.3.3.1 Rašica .....	46
6.3.3.2 Črni potok .....	47
6.3.3.3 Šentpavelščica .....	47
6.3.3.4 Kodeljevec .....	48
<b>6.3.4 Hitrost vodnega toka</b> .....	<b>48</b>
6.3.4.1 Rašica .....	49
6.3.4.2 Črni potok .....	49

6.3.4.3 Šentpavelščica .....	50
6.3.4.4 Kodeljevec .....	50
6.4 POJAVLJANJE IN RAZPOREDITEV MAKROFITOV .....	51
<b>6.4.1 Prisotnost in pogostost makrofitov v posameznem vodotoku .....</b>	<b>53</b>
6.4.1.1 Rašica .....	53
6.4.1.2 Črni potok .....	56
6.4.1.3 Šentpavelščica .....	59
6.4.1.4 Kodeljevec .....	62
<b>6.4.2 Primerjava pogostosti in prisotnosti makrofitov med odseki vseh vodotokov .....</b>	<b>65</b>
<b>6.4.3 Kanonična korespondenčna analiza (CCA).....</b>	<b>67</b>
6.4.3.1 Kanonična korespondenčna analiza relacije takson – okoljski parametri ..	68
6.4.3.2 Kanonična korespondenčna analiza relacije takson – fizikalni in kemijski parametri .....	70
<b>7 RAZPRAVA.....</b>	<b>72</b>
7.1 FIZIKALNE IN KEMIJSKE ZNAČILNOSTI VODOTOKA.....	72
7.2 ŠIRŠA OKOLJSKA OCENA .....	74
7.3 MAKROFITI .....	75
7.3.1 Vrstna sestava in pojavljanje makrofitov .....	75
7.3.2 Makrofiti in kakovost vode.....	77
<b>8 SKLEPI .....</b>	<b>79</b>
<b>9 POVZETEK.....</b>	<b>80</b>
<b>10 VIRI .....</b>	<b>81</b>

**ZAHVALA**  
**PRILOGE**

## KAZALO PREGLEDNIC

Pregl. 1: Seznam rastlinskih vrst, popisanih v izbranih vodotokih .....	51
---	----



## KAZALO SLIK

Sl. 1: Zemljevid Velikolaščanske pokrajine .....	13
Sl. 2: Zemljevid Dolenjskega podolja .....	13
Sl. 3: Rašica v zgornjem delu (Robarica) .....	15
Sl. 4: Rašica v spodnjem delu .....	15
Sl. 5: Črni potok v zgornjem delu .....	16
Sl. 6: Črni potok v spodnjem delu .....	16
Sl. 7: Šentpavelščica v zgornjem delu .....	17
Sl. 8: Šentpavelščica v spodnjem delu .....	17
Sl. 9: Kodeljevec v zgornjem delu .....	18
Sl. 10: Kodeljevec v spodnjem delu .....	18
Sl. 11: Zemljevid Rašice z označenimi odseki in vzorčnimi mesti .....	19
Sl. 12: Zemljevid Črnega potoka z označenimi odseki in vzorčnimi mesti .....	20
Sl. 13: Zemljevid Šentpavelščice z označenimi odseki in vzorčnima mestoma .....	21
Sl. 14: Zemljevid Kodeljevca z označenimi odseki in vzorčnim mestom .....	21
Sl. 15: Temperatura vode na različnih lokacijah v različnem času sezone .....	29
Sl. 16: Koncentracija kisika v vodi na različnih lokacijah v različnem času sezone .....	30
Sl. 17: Nasičenost vode s kisikom na različnih lokacijah v različnem času sezone .....	30
Sl. 18: Električna prevodnost vode na različnih lokacijah v različnem času sezone .....	31
Sl. 19: pH vode na različnih lokacijah v različnem času sezone .....	31
Sl. 20: Koncentracija nitratnih ionov v vodi na različnih lokacijah v različnem času sezone .....	32
Sl. 21: Koncentracija ortofosfatnih ionov v vodi na različnih lokacijah v različnem času sezone .....	33
Sl. 22: Širša okoljska ocena za Rašico .....	34
Sl. 23: Število točk in RCE kakovostni razred posameznega odseka za Rašico .....	35
Sl. 24: Širša okoljska ocena za Črni potok .....	36
Sl. 25: Število točk in RCE kakovostni razred posameznega odseka za Črni potok .....	37
Sl. 26: Širša okoljska ocena za Šentpavelščico .....	38
Sl. 27: Število točk in RCE kakovostni razred posameznega odseka za Šentpavelščico .....	38
Sl. 28: Širša okoljska ocena za Kodeljevec .....	39
Sl. 29: Število točk in kakovostni razred posameznega odseka za Kodeljevec .....	40
Sl. 30: Struktura brega v Rašici .....	41
Sl. 31: Struktura brega v Črnem potoku .....	42
Sl. 32: Struktura brega v Šentpavelščici .....	42
Sl. 33: Struktura brega v Kodeljevcu .....	43
Sl. 34: Struktura sedimenta v Rašici .....	44
Sl. 35: Struktura sedimenta v Črnem potoku .....	44
Sl. 36: Struktura sedimenta v Šentpavelščici .....	45
Sl. 37: Struktura sedimenta v Kodeljevcu .....	45
Sl. 38: Zaledje ob Rašici .....	46
Sl. 39: Zaledje ob Črnem potoku .....	47
Sl. 38: Zaledje ob Šentpavelščici .....	47
Sl. 41: Zaledje ob Kodeljevcu .....	48
Sl. 42: Hitrost vodnega toka v Rašici .....	49
Sl. 43: Hitrost vodnega toka v Črnem potoku .....	49

Sl. 44: Hitrost vodnega toka v Šentpavelščici .....	50
Sl. 45: Hitrost vodnega toka v Kodeljevcu.....	50
Sl. 46: Razporeditev in pogostost makrofitov v Rašici .....	53
Sl. 47: Relativna rastlinska masa (RPM) makrofitov v Rašici .....	54
Sl. 48: Povprečni masni indeks posameznih taksonov v Rašici .....	54
Sl. 49: Razmerje povprečnih masnih indeksov MMT in MMO v Rašici.....	54
Sl. 50: Razporeditev in pogostost makrofitov v Črnem Potoku .....	56
Sl. 51: Relativna rastlinska masa (RPM) makrofitov v Črnem potoku .....	57
Sl. 52: Povprečni masni indeks posameznih taksonov v Črnem potoku .....	57
Sl. 53: Razmerje povprečnih masnih indeksov MMT in MMO v Črnem potoku.....	57
Sl. 54: Razporeditev in pogostost makrofitov v Šentpavelščici .....	59
Sl. 55: Relativna rastlinska masa (RPM) makrofitov v Šentpavelščici.....	60
Sl. 56: Povprečni masni indeks posameznih taksonov v Šentpavelščici.....	60
Sl. 57: Razmerje povprečnih masnih indeksov MMT in MMO v Šentpavelščici.....	60
Sl. 58: Razporeditev in pogostost makrofitov v Kodeljevcu.....	62
Sl. 59: Relativna rastlinska masa (RPM) makrofitov v Kodeljevcu.....	62
Sl. 60: Povprečni masni indeks posameznih taksonov v Kodeljevcu.....	63
Sl. 61: Razmerje povprečnih masnih indeksov MMT in MMO v Kodeljevcu .....	63
Sl. 62: Dendrogram Bray-Curtisovega indeksa različnosti med odseki vodotokov glede na prisotnost in pogostost vrst.....	65
Sl. 63: Ordinacijski diagram z izbranimi dejavniki okolja in makrofitskimi taksoni.....	68
Sl. 64: Ordinacijski diagram z izbranimi fizikalnimi in kemijskimi parametri, makrofitskimi taksoni ter odseki vodotokov .....	70

## KAZALO PRILOG

Pril. A: Slovenska različica RCE metode.....	88
Pril. B: Metoda ocene habitata in popisovanja makrofitov .....	90
Pril. C1: Koordinate odsekov, njihove dolžine in datumi popisov za Rašico .....	92
Pril. C2: Koordinate odsekov, njihove dolžine in datumi popisov za Črni potok.....	93
Pril. C3: Koordinate odsekov, njihove dolžine in datumi popisov za Šentpavelščico .....	93
Pril. C4: Koordinate odsekov, njihove dolžine in datumi popisov za Kodeljevec.....	93
Pril. D1: Širša okoljska ocena za Rašico .....	94
Pril. D2: Širša okoljska ocena za Črni potok.....	94
Pril. D3: Širša okoljska ocena za Šentpavelščico .....	95
Pril. D4: Širša okoljska ocena za Kodeljevec.....	95
Pril. E1: Ocena habitatnih tipov za Rašico .....	96
Pril. E2: Ocena habitatnih tipov za Črni potok.....	96
Pril. E3: Ocena habitatnih tipov za Šentpavelščico.....	96
Pril. E4: Ocena habitatnih tipov za Kodeljevec.....	96
Pril. F1: Rezultati fizikalno kemijskih meritev z dne 18.8.2005.....	97
Pril. F2: Rezultati fizikalno kemijskih meritev z dne 10.10.2005.....	97
Pril. F3: Rezultati fizikalno kemijskih meritev z dne 10.1.2006.....	98
Pril. G1: Abundanca rastlinskih vrst za Rašico .....	99
Pril. G2: Abundanca rastlinskih vrst za Črni potok.....	100
Pril. G3: Abundanca rastlinskih vrst za Šentpavelščico .....	100
Pril. G4: Abundanca rastlinskih vrst za Kodeljevec.....	101
Pril. H1: Izbrani dejavniki okolja in statistična značilnost (P).....	102
Pril. H2: Lastne vrednosti, kumulativni pojasnjeni odstotki varianc in korelacijski koeficienti obdelanih podatkov za relacijo takson – okolje .....	102
Pril. H3: Izbrani fizikalni in kemijski parametri ter statistična značilnost (P) .....	103
Pril. H4: Lastne vrednosti, kumulativni pojasnjeni odstotki varianc in korelacijski koeficienti za relacijo takson – fizikalni in kemijski parametri.....	103
Pril. I1: Značilnosti osnovnih klasifikacijskih razredov v študiji Kategorizacija pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu .....	104
Pril. I2: Kakovostni razredi vodotokov v študiji Kategorizacija pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu .....	106
Pril. I3: Podatki o kategorizaciji urejanja vodotokov Agencije RS za okolje .....	106

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

Oznaka	Opis, pomen
$AL_i$	dolžina odseka $i$ , v katerem je vrsta prisotna
ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje
$BC_{ij}$	Bray-Curtisov indeks različnosti
CCA	kanonična korespondenčna analiza
Cr	Črni potok
Čr	Črni potok
d	delež odsekov, v katerih je vrsta prisotna
GL	celotna dolžina pregledanega vodotoka
Ko	Kodeljevec
$L_i$	dolžina rečnega odseka $i$
$MI_i$	masni indeks vrste v odseku $i$
MMO	povprečni masni indeks vrste v odsekih, kjer se vrsta pojavlja
MMT	povprečni masni indeks vrste v vseh odsekih reke
MOPE	Ministrstvo za okolje prostor in energijo
P	Pearsonov koeficient
$PM_{xi}$	rastlinska masa vrste $x$ v rečnem odseku $i$
Ra	Rašica
RCE	Riparian, Channel and Environmental Inventory (popis obrežja, struge in okolja)
$RPM_x$	relativna rastlinska masa vrste $x$
Še	Šentpavelščica
$x_{ij}$	abundanca vrste $k$ na odseku $i$
$x_{jk}$	abundanca vrste $k$ na odseku $j$

## 1 UVOD

Voda je sestavina našega planeta, kroži po njegovih sferah in ga oblikuje. Zaradi njenih edinstvenih lastnosti je nenadomestljiva za življenje. Vodni ekosistemi v tekočih ali stoječih vodah na kopnem (v reki in potoku, v jezeru, močvirju, ribniku) ali v morju in oceanu, predstavljajo pomembno življenjsko okolje. V vodnem ekosistemu organizmi v povezavi z neživo naravo tvorijo gibljivo ravnovesje, ki je odvisno od kroženja vode, podnebnih razmer in človekovega poseganja v naravo. Najpomembnejši dejavniki, ki vplivajo na kakovost voda in stanje vodotokov so vtoki nezadostno očiščenih odpadnih voda, izpusti industrijskih odpadkov, spiranje hranil in pesticidov s kmetijskih površin, spiranje naftnih derivatov s cestnišč pa tudi različni posegi v sam vodotok, saj z zaježitvami in regulacijami zmanjšamo pestrost habitatov in s tem biotsko raznovrstnost (Smith in Smith, 1998).

Makrofiti so bistvenega pomena za strukturo in funkcijo nižinskih vodnih habitatov. Imajo mnogo pomembnih funkcij, zato je ekološko stanje vodnih ekosistemov močno odvisno od združbe makrofitov (Greg in Rose 1985, Carpenter in Lodge 1986, Sand-Jensen in Jacobsen, 2002). Makrofiti zmanjšajo hitrost vodnega toka, stabilizirajo sediment in nudijo bivališča mikroorganizmom, nevretenčarjem ter ribam (Stephens in sod. 1963, Mortensen 1977, Dawson 1978, Iversen in sod. 1985). Poleg tega pa tudi odstranjujejo hranilne snovi in s tem znižujejo njihovo koncentracijo v vodah (Urbanc-Berčič, 1991).

»Vodna direktiva EU« (Directive 2000/60/EC) o skupni politiki do voda združuje emisijski in okoljski vidik v kompatibilno celoto. V zakonodajo sta prvič vključena koncepta ekološkega stanja in upravljanja z vodami na ravni povodij. Ekološko stanje opredeljujejo biološki in hidromorfološki elementi ter fizikalne in kemijske značilnosti vodotoka. Kot indikatorji stanja celotnega vodotoka, so v oceno kakovosti voda vključeni tudi makrofiti (Directive 2000/60/EC; Pravilnik o metodologiji..., 2003).

Namen naloge je:

- ugotoviti pojavljanje, razporeditev in pogostost makrofitov v vodotokih Rašica, Črni potok, Šentpavelščica in Kodeljevec
- ugotoviti kako na pojavljanje makrofitov vplivajo fizikalni in kemijski dejavniki
- ugotoviti stanje širšega vodnega okolja
- ugotoviti povezavo med okoljskimi razmerami in pojavljanjem makrofitov

## 2 DELOVNE HIPOTEZE

Izbrani vodotoki tečejo po dveh različnih geografskih območjih. Pokrajina, ki jo prečkata Rašica in Črni potok je dokaj razgibana. Ponekod se nahaja močvirje ali gozd, drugje kmetijske obdelane površine. Šentpavelščica in Kodeljevec tečeta pretežno preko obdelanih površin – prevladujejo košeni travniki. Glede na navedeno;

- pričakujemo veliko pestrost makrofitov,
- predvidevamo, da se vodotoki med seboj razlikujejo v prisotnosti in pogostosti makrofitov,
- pričakujemo, da je stanje vodnega okolja raznoliko,
- predvidevamo tudi, da na pojavljanje makrofitov vplivajo razmere v zaledju, obrežnem pasu in strugi vodotoka.

### 3 PREGLED OBJAV

#### 3.1 MAKROFITI

Makrofiti so rastline, prilagojene na življenje v delno ali popolnoma vodnem okolju (Gaberščik, 1997). Pojem makrofiti označuje s prostim očesom prepoznavno in določljivo floro celinskih voda, ki vključuje semenke, praproti in mahove. Pogosto pa so vključene tudi makroskopske alge, predvsem nitaste alge in parožnice. Za vodne rastline je značilno, da so njihovi fotosintetsko aktivni deli vedno ali vsaj nekaj mesecev v letu potopljeni ali plavajo na vodni površini (Fox 1992).

Glede na rastno obliko, lahko po Shulthorpu (Fox, 1992) makrofite razdelimo v štiri skupine:

- potopljeni makrofiti: so ukoreninjeni, večina vegetativnega tkiva je pod vodno gladino (*Elodea canadensis*, *Myriophyllum spicatum*,...)
- plavajoči ukoreninjeni makrofiti: imajo plavajoče liste, večina listnega tkiva je na vodni gladini (*Potamogeton natans*, *Nymphaea alba*,...)
- plavajoči neukoreninjeni makrofiti: živijo prosto v vodi ali na njeni površini (*Lemna minor*, *Ceratophyllum demersum*,...)
- emergentni makrofiti: so ukoreninjeni, večina listov in stebelnega tkiva je nad vodno gladino (*Phragmites australis*, *Typha latifolia*,...).

Nekatere vrste uspevajo v vodi in na kopnem. Zanje sta značilni dve obliki (formi), vodna in kopenska, zaradi česar jih ne moremo uvrstiti le v eno skupino. Poimenovali so jih amfibijske rastline (Hutchinson, 1975). Morfološke in biokemijske prilagoditve jim pomagajo preživeti v habitatih z velikimi sezonskimi nihanji vodne gladine. Zaradi tega lahko najdemo te rastline na območju med vodo in kopnim ali pa v vodnih telesih s spreminjajočim se vodostajem (Spence, 1982). Na spremembe vodne gladine se odzovejo s spremembo rastne oblike, tipa listov in načina razmnoževanja (Boulton in Brock, 2001).



## 3.2 PRILAGODITVE MAKROFITOV NA VODNO OKOLJE

### 3.2.1 Anatomske in morfološke značilnosti

Vodno okolje je za rastline po eni strani ugodnejše predvsem v pogledu absorpcije, hranil, razpoložljivosti vode in ustaljenih razmer (čeprav nekateri parametri veliko bolj nihajo kot na kopnem), po drugi strani pa nastopa niz dejavnikov, kot so pomanjkanje svetlobe, plinov in včasih tudi mineralnih snovi. Ker so se vodne rastline morale prilagoditi razmeram, so razvile niz specifičnih anatomskih in morfoloških prilagoditev (Hutchinson, 1975).

#### 3.2.1.1 Listi

Listi potopljenih makrofitov so pogosto tanki, ozki in podaljšani. So gibki ter nitaste ali suličaste oblike, s čimer zmanjšajo mehanske poškodbe zaradi gibanja vode. Povečano razmerje med površino in prostornino lista poveča učinkovitost izmenjave plinov ter izboljša absorpcijo svetlobe. Povrhnjica je enoplastna, brez kutikule in lahko prepustna za vodo. Listnih rež ni. Lahko so prisotne hidatode, preko katerih se izloča voda (Wetzel, 2001). Mezofil je sestavljen iz manjšega števila celičnih plasti, kar olajša izmenjavo snovi in prodiranje svetlobe. Grajen je iz enotnega parenhimatskega tkiva. Klorofil je nakopičen v perifernih plasteh in v povrhnjici. Prevajalno in mehansko tkivo sta slabo razvita (Martinčič, 1978).

Plavajoči listi so po obliki enostavni, najpogosteje okrogli, ščitasti ali ledvičasti (Martinčič, 1978). Zgornjo povrhnjico gradijo celice z debelimi stenami, pokrite z bolj ali manj debelo hidrofobno kutikulo. Mezofil je diferenciran na palisadno in gobasto tkivo. Listne reže se nahajajo samo na zgornji površini lista, če so na spodnji, so nefunkcionalne. Na spodnji površini so lahko hidropote. Mehansko in prevajalno tkivo je dobro razvito (Wetzel, 2001).

Vodne rastline imajo dobro razvito zračno tkivo ali aerenhim. To je sistem zračnih prostorov, ki potekajo iz listov skozi peclje in steblo do korenin oz. korenik (Hutchinson, 1975). Omogoča difuzijo plinov in njihovo shranjevanje (Wetzel, 2001). V določeni meri

pa tudi nadomešča mehansko tkivo, ker zmanjšuje specifično težo listov, povečuje vzgon in omogoča primerno lego. Pri nekaterih plavajočih rastlinah omogoča plavanje na vodi (Martinčič, 1978).

Nekatere rastline imajo dve vrsti listov, potopljene in plavajoče, ki se anatomsko in morfološko razlikujejo. Ta pojav imenujemo heterofilija. Značilna je tudi za amfibijske rastline.

#### 3.2.1.2 Steblo

Povrhnjica je tanka, enoplastna, brez subepidermalnih krovnih tkiv. Pokriva jo tanka kutikula. Oporna in prevajalna tkiva so reducirana, skoncentrirana v sredini stebela. Rastlini dajejo prožnost ne pa trdnosti, saj ta v vodnem okolju ni potrebna. Tudi prevajalni sistem je močno reduciran in nameščen v sredini stebela. Pogosto prave žile sploh niso več razvite, ampak so prisotni le kompleksi prevajalnih elementov. Velik del volumna zavzema aerenhim (Martinčič, 1978).

#### 3.2.1.3 Koreninski sistem

Koreninski sistem je pri nekaterih vrstah v celoti reduciran, pri drugih pa je njegova funkcija zmanjšana. Absorpcija delno poteka preko potopljenih listov (Martinčič, 1978). Spet druge vrste pa pridobivajo vsa potrebna hranila v glavnem iz sedimenta (Mantai in Newton, 1982).

### 3.2.2 Fiziološke prilagoditve

V vodnem okolju je omejen dostop do raztopljenega anorganskega ogljika zaradi upornosti mejne plasti, kar se odraža v počasnejši difuziji plinov (Nichols in Shaw, 1986, Fox, 1989). Topnost plinov v vodi se z višanjem temperature manjša. Visok pH omejuje fotosintezo zaradi zmanjšanja koncentracije prostega CO<sub>2</sub> (Bowes in Salvucci, 1989). Anorganski ogljik je pri nevtralnem pH večinoma v obliki hidrogenkarbonatnega iona.

Vodne rastline so razvile mehanizme, s katerimi povečajo intracelularno vsebnost ogljika. Nekaterim to omogoča prisotnost encima fosfoenol piruvat (PEP) karboksilaze podobno kot kopenskim C<sub>4</sub> rastlinam, vendar brez tipičnih celic žilnega ovoja. Druge izkoriščajo povečano vsebnost prostega CO<sub>2</sub> v nočnem času, podobno kot kopenske CAM rastline (Trošt-Sedej, 2005), spet druge pa imajo sposobnost izrabe hidrogenkarbonatnega iona (Madsen in Breinholt, 1995). Določene rozetaste vodne rastline uporabljajo CO<sub>2</sub>, ki se kopiči v sedimetu (Bowes in Salvucci, 1989), večini pa anatomske prilagoditve omogočajo delno izrabo CO<sub>2</sub>, ki nastaja pri dihanju in fotorespiraciji (Nichols in Shaw, 1986).

### 3.3 DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NA USPEVANJE MAKROFITOV

#### 3.3.1 Hidromorfološki parametri

##### 3.3.1.1 Vodni tok

Vodni tok je ena najpomembnejših spremenljivk, ki vpliva na pojavljanje in sestavo rastlinskih vrst (Fox, 1992). Hitrost toka, turbulenca in erozija vplivajo na stopnjo fotosinteze, dostopnost nutrientov in CO<sub>2</sub>, mehanske poškodbe in razširjanje rastlin. Vodni tok na makrofite vpliva tudi posredno preko vplivov na substrat in favno (Fox, 1992). Srednje hitrosti vodnega toka ponavadi stimulirajo rast makrofitov, saj so povezane z višjo vsebnostjo kisika in CO<sub>2</sub> v vodi in intenzivnejšo izmenjavo snovi (Barendregt in Bio, 2003). Če je vodni tok premočan, so rastline le na robu struge (Haslam, 1987). Prostoplavajoče vrste so omejene na območja ali obdobja počasnega toka (Fox, 1992).

##### 3.3.1.2 Globina vode in širina vodotoka

Prisotnost makrofitov določata tudi širina in globina vodotoka. V plitvi vodi je večja nevarnost mehanskih poškodb zaradi ledu, valovanja in nihanja vodne gladine, v globoki vodi pa rast omejuje svetloba in hidrostatski tlak (Nichols, 1991). Poleg tega se lahko plitvi vodotoki poleti izsušijo, večina pravih vodnih rastlin pa izsuševanja ne prenese. Ozki vodotoki so pogosto zasenčeni z obrežno vegetacijo, medtem ko so v širokih vodotokih

zasenčeni le robovi (Haslam, 1987). Na naselitev amfibijskih rastlin pa vpliva tudi naklon brega (Riis in sod., 2000).

#### 3.3.1.3 Substrat

Geološke značilnosti porečja imajo velik vpliv tako na fizikalne in kemijske značilnosti struge in vode v njej kot tudi na substrat. S tem posredno vplivajo tudi na pojavljanje in razporeditev makrofitov (Fox, 1992). Večina makrofitov je vezana na določen tip substrata oz. na delce določene velikosti (Haslam, 1987). Pritrditev rastlin ni odvisna samo od teksture in stabilnosti substrata, temveč tudi od vodnega toka (Allan, 1995). V odsekih vodotokov z večjo hitrostjo toka je substrat grob, ima običajno manj organskih snovi in je reven s hranili. V takšnem substratu se rastline težko ukoreninijo, za ukoreninjenje pa so neprimerne tudi rahle, fine usedline (Nichols in Shaw, 1986).

#### 3.3.1.4 Prosojnost vode

Od barve in motnosti vode je odvisna globina, do katere prodre svetloba, zato vplivata na fotosintezno aktivnost (Urbanič in Toman, 2003). Poleg tega lahko suspendirani delci organizme fizično poškodujejo.

### 3.3.2 Fizikalni in kemijski dejavniki

#### 3.3.2.1 Svetlobne razmere

Svetlobne razmere v vodi določajo pojavljanje, gostoto in globinsko razporeditev rastlinskih vrst ter njihovo produktivnost, ki je praviloma manjša kot pri kopenskih rastlinah. Odvisne so od količine in kakovosti sevanja na vodni površini, absorpcijskih lastnosti vode in v njej raztopljenih snovi ter absorpcije, odboja in sipanja na neraztopljenih delcih v vodi. Jakost sevanja z globino upada, spremeni pa se tudi spektralna sestava – poveča se razmerje med rdečo in dolgovalovno rdečo svetlobo (Holmes in Klein, 1987). Prodiranje svetlobe v globino zmanjšujejo raztopljene organske snovi in anorganski delci (Hauer in Hill, 1996; Fox, 1992). V počasi tekočih vodah je

lahko rast potopljenih vrst omejena zaradi senčenja, ki ga povzročajo plavajoče rastline oz. plavajoči listi ter fitoplankton (Fox, 1992). Močno senčenje zaradi drevesne vegetacije lahko privede do popolnega neuspevanja semenk (Allan, 1995), uspevajo lahko le še mahovi in alge (Westlake, 1975). Vodotok je na širših delih manj osenčen, pomemben pa je tudi antropogeni vpliv, ko gre za odstranjevanje obrežne vegetacije (Hauer in Hill, 1996).

### 3.3.2.2 Temperatura

Na temperaturo vode vplivajo sončno sevanje, klima in hidrološki parametri vodotoka. Največji vir toplote v celinskih vodah je sončno sevanje, v močno zasenčenih vodotokih pa sta pomembnejša prenos toplote iz zraka in podtalnice (Hauer in Hill, 1996). Temperatura vpliva na rast poganjka, kalitev semen, stopnjo fotosinteze in privzemanje kisika (Pip, 1989). Nekatere vodne rastline imajo širok temperaturni razpon, druge pa so prilagojene na tople (*Hydrilla verticillata*) ali hladnejše vode (*Sparganium emersum*) (Fox, 1992). Raziskave, ki jih je s popisom vrst makrofitov in njihove distribucije ter merjenja temperature, v več kot 300-tih vodnih telesih v Severni Ameriki, izvedla Pip-ova (1989), so pokazale, da temperatura za pojavljanje vodnih rastlin ni ključna. Pomembnejši so dejavniki kot so globina vode, svetloba, vrsta substrata, kemizem vode in turbulenca.

### 3.3.2.3 Kemizem vode

Kemizem vode se spreminja glede na geološko podlago, topografijo, vrsto zaledja, erozijo, stopnjo odlaganja in temperaturo vode (Boulton in Brock, 1999). Z vidika kemizma vode ima največji vpliv na razporeditev makrofitov odnos med pH, prevladujočo obliko raztopljenega anorganskega ogljika, trdoto vode in koncentracijo  $\text{Ca}^{2+}$  (Fox, 1992).

Spreminjanje vsebnosti prostega  $\text{CO}_2$  in  $\text{O}_2$  v vodi je dnevno-nočno in sezonsko. Podnevi rastline porabljajo  $\text{CO}_2$  za fotosintezo in bogatijo vodo z  $\text{O}_2$ , ponoči pa porabljajo  $\text{O}_2$  za dihanje (Trošt-Sedej, 2005). V večini neobremenjenih vodotokov je nasičenost s kisikom čez dan nad 80%. Topnost kisika je večja pri nižjih temperaturah in manjša pri nižjem

zračnem tlaku, ki je odvisen od nadmorske višine in vremenskih sprememb (Hauer in Hill, 1996).

Ogljik je v vodi prisoten v obliki prostega CO<sub>2</sub> ter kot hidrogenkarbonatni in karbonatni ion. Količina posamezne oblike je odvisna od pH vode. Nekatere vodne rastline uporabljajo kot vir ogljika samo prosti CO<sub>2</sub>, zato so omejene na vode z nizkim pH in nizko koncentracijo Ca<sup>2+</sup> (Sand-Jensen, 1989). V trdih vodah se razvijajo pestrejše združbe makrofitov (Urbanc-Berčič, 1993), ki so sposobne izkoriščati hidrogenkarbonat. Če so rastline visoko produktivne, se lahko čez dan pH zviša tudi za 3-4 enote, ponoči zaradi večjega sproščanja CO<sub>2</sub> pa spet pade (Cronk in Fennessy, 2001).

Neposredni vir hranil v vodnem okolju so: atmosfera, voda, prst, detrit ter rastlinski in živalski ostanki (Dykyová in Úlehová, 1998). Razpoložljivost hranil je določena s tipom sedimenta in značilnostmi povodja kot tudi s hidrološkimi parametri (Cronk in Fennessy, 2001). Rastline zahtevajo za optimalno fiziološko delovanje uravnoteženo razmerje hranil (Nichols in Shaw, 1986), ki jih privzemajo z listi in poganjki iz vode ter s koreninami iz sedimenta (Melzer, 1999). Med hranili imata na razporeditev rastlin največji vpliv fosfor in dušik (Bornette in sod., 1994).

Električna prevodnost je odvisna od temperature raztopine in koncentracije ionov v raztopini ter njihovih značilnosti (stopnje, do katere raztopljene snovi disociirajo v ione, električni naboj iona in mobilnosti ionov). Bolj kot je vodno telo obremenjeno s hranili, višje so vrednosti prevodnosti, saj se z dotokom hranil poveča količina nabitih delcev. Najvišje vrednosti so navadno v jeseni, takrat prihaja do intenzivne razgradnje, izgradnja pa je zaradi nižjih temperatur in nižje intenzitete svetlobe relativno nizka (Wetzel in Likens, 1991).

### **3.3.3 Interakcije med organizmi**

Rastline v glavnem tekmujejo za svetlobo, prostor, hranila in vodo. Pri vodnih rastlinah prevladuje kompeticija za svetlobo (Fox, 1992). Rastline si pridobijo kompetitivno prednost s sposobnostjo razrasti, z zgodnjo rastjo v sezoni, z uporabo hidrogenkarbonata

kot vira ogljika, z asimilacijo CO<sub>2</sub> iz zraka in substrata, z nizko svetlobno kompenzacijsko točko ali pa z izločanjem alelopatskih snovi, ki zavirajo rast ostalih rastlin (Fox, 1992).

Primarni producenti in organska snov, ki jo sintetizirajo, so glavni vir energije za bentične prehranjevalne verige (Lamberti in Feminella, 1996). Poleg tega pa so substrat za rast perifitona (Nichols in Shaw, 1986).

### 3.4 VLOGA MAKROFITOV V VODNEM EKOSISTEMU

Vodne rastline v ekosistemu omogočajo raznovrstnost habitatov ter vplivajo na strukturne, fizikalne in kemijske značilnosti vodotoka. S privzemom hranil, večanjem biodiverzitete ekosistema, izmenjavo plinov in s pospeševanjem mnogih kemijskih in biokemijskih reakcij vplivajo na kakovost vode (Kuhar in sod., 2004). So naravni čistilni sistem, saj v povezavi z mikroorganizmi razgrajujejo odpadne produkte, zmanjšujejo količino organskih snovi in absorbirajo strupene snovi (pesticidi, fenoli,...) (Urbanc-Berčič, 1991). Makrofiti pospešujejo kroženje hranil med sedimentom in vodo, saj iz sedimenta privzemajo hranila in jih v času propadanja spet vračajo v vodo, kar povečuje produktivnost ekosistema (Nichols in Shaw, 1986). Submerzni makrofiti pogosto tvorijo mozaično strukturo sestojev rastlin ter spreminjajo smer in hitrost vodnega toka. V sestoji se hitrost močno zmanjša, zato tam prihaja do posedanja finih delcev (Schneider in Melzer, 2004). Makrofiti zagotavljajo raznovrstnost habitatov mnogim živim bitjem. Pomembni so kot podlaga za združbe alg, gliv in bakterij (Holmes, 1999). Prav tako zagotavljajo zavetje pticam, nevretenčarjem, dvoživkam in ribam (Boulton in Brock, 1999).

### 3.5 MAKROFITI KOT POKAZATELJ STANJA VODOTOKA

Makrofiti so pomemben sestavni del nižinskih vodotokov (Baattrup-Pedersen in Riis, 1999) saj vplivajo na procese v vodnem ekosistemu (Kanael in sod., 2000), sooblikujejo vodni ekosistem, v veliki meri vplivajo na razporeditev ostalih organizmov in kažejo tako na kvaliteto vode kot tudi sedimenta. Zaradi onesnaženja se zmanjša diverziteteta vodnih

rastlin in zastopanost za onesnaževanje občutljivih vrst, poveča pa se število vrst odpornih na onesnaževanje (Gaberščik, 1997). Hitro rastoče oportunistične vrste lahko motijo razvoj vrst s počasnejšo rastjo (Rørslet in Johansen 1996) V nižinskih rekah bogatih s hranili pa se pogosto razrastejo nitaste alge (Sweeting, 1994).

Na podlagi različnih vzorcev razporeditve vodnih makrofitov lahko določimo indikatorsko vrednost posamezne vrste glede na različne dejavnike okolja vključno s stopnjo organskega onesnaževanja. Za oceno kakovosti vode v rekah navadno služijo vrste bentoških nevretenčarjev. Vodni makrofiti so v tovrstne raziskave redkeje vključeni, čeprav imajo kar nekaj prednosti: so pritrjeni in relativno veliki, nanje vplivajo tudi majhni organski izpusti, omogočajo oceno stanja vode kot tudi sedimenta in ob pregledovanju ne poškodujemo mesta vzorčenja (Haslam, 1989). Zavedati pa se moramo, da naselitev določenih vrst makrofitov na določenem območju omejujejo specifični klimatski, geološki in fizikalni parametri. Upoštevati moramo geografsko razširjenost in geomorfološke dejavnike, ki vključujejo nadmorsko višino, naklon zaledja in struge, obsežnost povodja ter geološko podlago (Gaberščik, 1997).

### 3.6 ŠIRŠE OKOLJE VODOTOKA

Izraba tal za obrežnim pasom (v zaledju struge) ima pomemben vpliv na stanje vodotoka, spremembe pa so odvisne od tipa kmetijstva na območju in človekovega vpliva na pokrajino (Petersen, 1992). Človeški vpliv na vodotoke je velik, saj regulira vodotoke, prekomerno uporablja gnojila in biocide (Haslam, 1987), odstranjuje prvotno vegetacijo in s tem povečuje spiranje hranil (Moss, 1998).

Germova in sodelavci (2000) so v raziskavi ugotovili, da rezultati o širšem stanju vodotoka sovpadajo z ocenami, ki so bile narejene na podlagi fizikalnih, kemijskih in saprobioloških analiz. To kaže, da lahko na osnovi vrste zaledja, strukture struge in razvitosti obrežnega pasu, sklepamo na razmere v strugi. Biološke analize nam dajejo več informacij o stanju vodnega ekosistema, saj je biocenoza, ki potrebuje več časa za razvoj, dober indikator sprememb v daljšem obdobju.

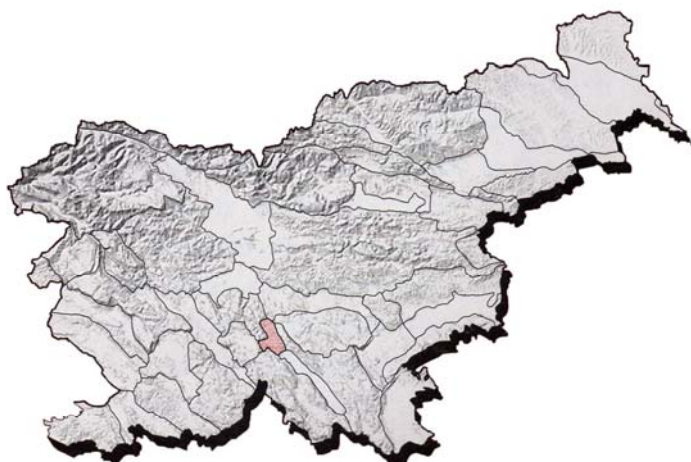


## 4 OPIS MESTA RAZISKAV

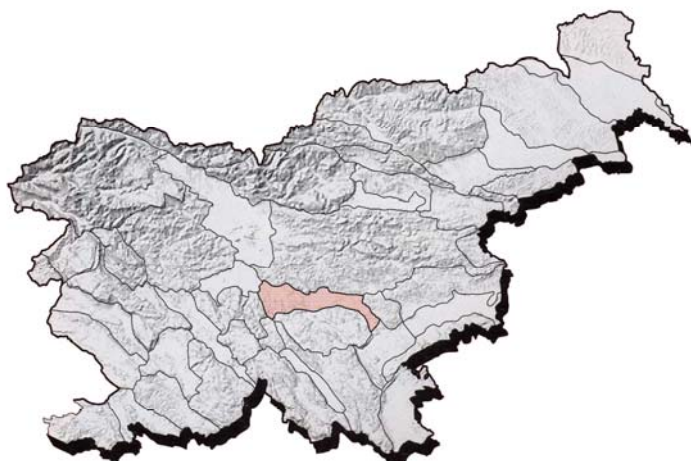
### 4.1 ZNAČILNOSTI OBMOČJA

Raziskave so potekale na dveh geografsko in geološko ločenih območjih:

- Velikolaščanska pokrajina in
- Dolenjsko podolje.



Slika 1: Zemljevid Velikolaščanske pokrajine (območje je pobarvano z roza barvo) (vir: Perko, 1998)



Slika 2: Zemljevid Dolenjskega podolja (območje je pobarvano z roza barvo) (vir: Perko, 1998)

#### 4.1.1 Velikolaščanska pokrajina

Velikolaščanska pokrajina sega na severozahodu od pritokov Robarice, tako da zajame naselje Rob, in sega vse do povirnih krakov Rašice, tik pod Bloško planoto. Dolina ponikalnice Rašice je najbolj uravnan del pokrajine. Rašica je v manj odpornih kameninah izdolbena povprečno 450 m široko, poplavam izpostavljena dolina, ki brez izrazitih pregibov prehaja v pobočja. V osrednjem delu med Karlovico in Knejem, kjer poteka v dinarski smeri, se imenuje Mišja dolina. Najširše dolinsko dno je na sotočju Velikega grabna in Robarice. Široka ploska dolina je posledica nasipavanja Rašice in njenih pritokov.

Velikolaščansko pokrajino sestavljajo predvsem permske in spodnjetriasne neprepustne kamnine, zato se je obdržala površinska rečna mreža in pokrajina je nekakšen otok rečnega slemenasto-dolinskega reliefa sredi kraškega sveta sosednjih dinarskih pokrajin. Najmlajše kamenine so iz kvartarja. To so rečne naplavine ob vseh večjih vodnih tokovih, ki so nasuli razmeroma široke aluvialne ravnice. Pritoki Rašice nosijo s sabo predvsem dolomitski prod, saj dolomiti gradijo večino povirja Rašice.

Velikolaščanska pokrajina je izrazito kmetijsko območje. Zaradi razgibanega površja, neenakomerne debeline in rodovitnosti tal ter hladnejšega podnebja s krajšo dobo rasti in precejšnje namočenosti so razmere neprimerno boljše za živinorejo kot za poljedelstvo (Perko, 1998).

##### 4.1.1.1 Rašica

Rašica, ki se je nekdaj imenovala Fužinarščica, po fužinah, kjer so pridobivali železo za orožje, je dolga približno 9,5 km. Ime Rašica dobi šele nad vasjo Stope, kjer se vanjo zlije Črni potok. Pred tem je znana pod imenom Robarica (Robarka). Napaja ves zahodni in osrednji del pokrajine. Zaradi precejšnje količine vode in slabo prepustnih naplavin ne ponikne takoj, ko priteče na apnenčasto podlago, marveč šele južno od vasi Ponikve izgine v kraško podzemlje. Pod zemljo odteče na Radensko polje, kjer dobi ime Šica, ta ponikne v

sistem Zatočne jame, ob visokih vodah se pojavi na površju v Lučkem dolu kot Radenščica, nato spet ponikne in pod zemljo odteče k izvirov Krke (Kranjc, 1990). Povirni kraki Rašice segajo vse do vznožja Bloške planote, Slemen in planote Rute. V zgornjem toku (kot Robarica) zbira pritoke izpod Rut in iz dela Turjaške pokrajine. Tok Rašice je zelo umirjen in vijugav. Dolžina vseh potokov v porečju Rašice je 87,4 km in gostota rečne mreže 1,5 km/km<sup>2</sup>.

Rašica ponekod zastaja, pogosto poplavlja, in naplavlja obilo blata, tako da je se je polagoma izoblikovala široka aluvialna ravnica. Da bi preprečili poplave so jo domačini že zgodaj začeli regulirati (Perko, 1998).



Slika 3: Rašica v zgornjem delu (Robarica)



Slika 4: Rašica v spodnjem delu

#### 4.1.1.2 Črni potok

Črni potok obsega od izvira do izliva približno 7 km. Izvira globoko v gozdu nad vasjo Pugled pri Karlovinci, teče mimo vasi Črni potok, Polzele in Griča ter se izliva v Rašico pri vasi Stope. Od Karlovice naprej se voda po sotočju Črnega potoka s Kovpo imenuje Veliki graben. Vasi so od brega nekoliko umaknjene, saj je Črni potok razmeroma vodnat, in zato občasno poplavlja. Nekateri deli so tudi zamočvirjeni. Prav tako kot Rašico so tudi Črni potok prebivalci že zgodaj regulirali. V preteklosti so bili tu mnogi mlini in žage (Perko, 1998).



Slika 5: Črni potok v zgornjem delu



Slika 6: Črni potok v spodnjem delu

#### 4.1.2 Dolenjsko podolje

V Dolenjsko podolje uvrščamo Grosupeljsko pokrajino, Kriško planoto, porečje Višnjice s Stiškimi kotom, Šentviško kotlino, podolje ob Temenici ter Vejarsko kotanjo. Glede voda je pokrajina dokaj enotna, saj proti Iški oz. Ljubljani odteka voda le s skrajnega severozahoda. Vodotoki tečejo proti Krki pogosto po podzemni poti. V južnem delu podolja prevladujejo čisti jurski apnenci, kar je vzrok za močno zakrasevanje. Tam vode, ki tečejo s severa, izginjajo v podzemlje in se v obliki kraških izvirov spet pojavljajo južneje, na bregovih Krke. Številne, a kratke ponikalnice so tudi drugje po zaplatah neprepustnih kamnin. Ti vodotoki zaradi majhne prepustnosti kraških ponikev in ugrezanja posameznih delov površja (Šentviška dolina) pogosto poplavlja in odlagajo holocenske

usedline. Ilovnati in glineni nanosi pokrivajo četrtno površja, drugje pa prevladujejo karbonatne kamnine.

Šentviška kotlina ima razen severnega oboda kraški značaj. Vode z roba Metnajske planote na severu se zlivajo v dolinice, ki vodijo proti jugovzhodu.

Pokrajina nudi relativno ugodne pogoje za razvoj kmetijstva, zato je večina primernege območja obdelanega. Na planotah pa prevladuje bukov gozd, ki prekriva dve tretjini površine (Perko, 1998).

#### 4.1.2.1 Šentpavelščica

Šentpavelščica izvira pod vasjo Šentpavel na Dolenjskem, teče skozi Radohovo vas, Plusko in Dob. Dolžina Šentpavelščice od izvira v Šentviški kotlini pa do Dobske uvale kjer ponikne, je nekaj več kot 4 km. Območje po katerem teče je močno zakraselo. Vode, ki pritečejo s slabše prepustnega zaledja, pri Dobu ponikajo in podzemno odtekajo v izvir Krke, deloma Prečne. Šentpavelščica se ob nizkih in srednjih vodah porazgubi v tla, ob močnem deževju pa zaradi svojevrstnosti območja tudi poplavlja. Poplave se pojavijo zaradi majhnega strmca potoka, plitve struge in omejenih ponornih zmognosti, glinasta ilovica pa še dodatno preprečuje odtekanje vode (Miklavčič, 2006).



Slika 7: Šentpavelščica v zgornjem delu



Slika 8: Šentpavelščica v spodnjem delu

#### 4.1.2.2 Kodeljevec

Potok Kodeljevec je dolg nekaj več kot 4 km. Izvira pod vasjo Mačkovec, teče mimo vasi Škovec in Kamni potok, kjer se tudi izliva v reko Temenico. Tok je počasen in vijugav.



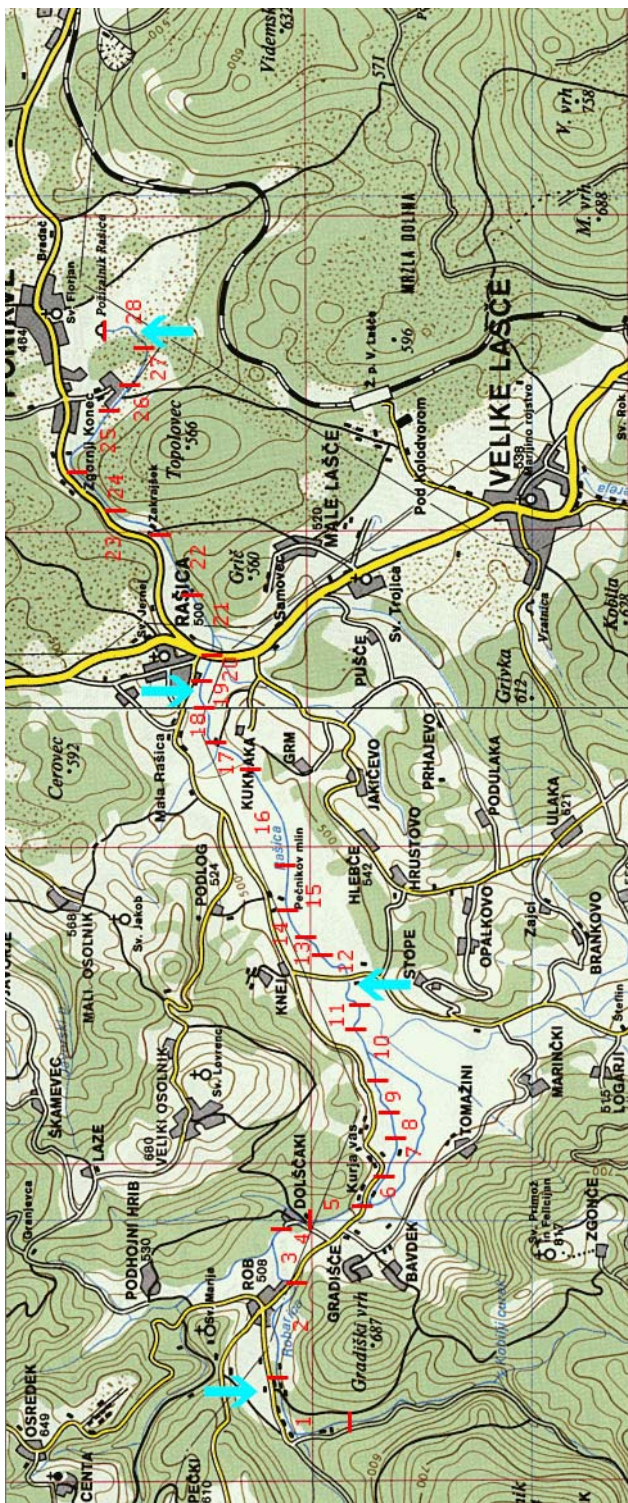
Slika 9: Kodeljevec v zgornjem delu



Slika 10: Kodeljevec v spodnjem delu

## 4.2 ZEMLJEVIDI VODOTOKOV

### 4.2.1 Rašica



Slika 11: Zemljevid Rašice z označenimi odseki (rdeče) in vzorčnimi mesti (modre puščice) (vir: Interaktivni atlas Slovenije, 1:50000)

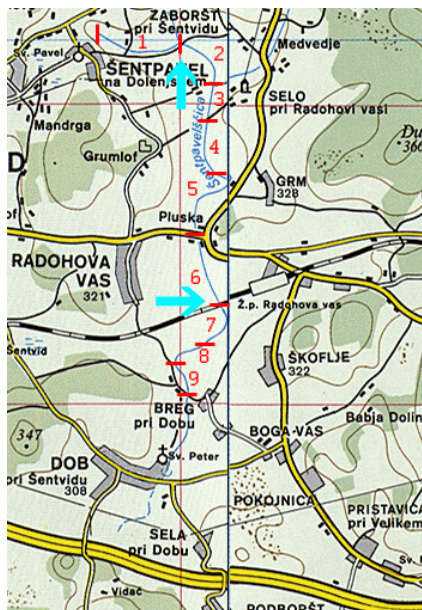
## 4.2.2 Črni potok



Slika 12: Zemljevid Črnega potoka z označenimi odseki (rdeče) in vzorčnimi mesti (modre puščice) (vir: Interaktivni atlas Slovenije, 1:50000)



### 4.2.3 Šentpavelščica



Slika 13: Zemljevid Šentpavelščice z označenimi odseki (rdeče) in vzorčnima mestoma (modri puščici)  
(vir: Interaktivni atlas Slovenije, 1:50000)

### 4.2.4 Kodeljavec



Slika 14: Zemljevid Kodeljevca z označenimi odseki (rdeče) in vzorčnim mestom (modra puščica) (vir: Interaktivni atlas Slovenije, 1:50000)

## 5 METODE DELA

### 5.1 DELO NA TERENU

#### 5.1.1 Fizikalne in kemijske analize vode

Na vodotokih smo izbrali enajst vzorčnih mest, in sicer štiri na Rašici (v odsekih Ra1, Ra12, Ra20 in Ra28), štiri na Črnem potoku (v odsekih Čr2, Čr8, Čr10 in Čr14), dve na Šentpavelščici (v odsekih Še2 in Še7) in eno na Kodeljvcu (v odseku Ko4) (slike od 11 do 14). Izbrane fizikalne in kemijske parametre smo ugotavljali trikrat. In sicer leta 2005 v mesecu avgustu in oktobru, ter leta 2006 v mesecu januarju. Na terenu smo izmerili temperaturo vode, pH, elektroprevodnost, koncentracijo raztopljenega kisika in nasičenost s kisikom. Ob izvajanju meritev smo na istih vzorčnih mestih vzeli tudi vzorce vode za kemijske analize. V laboratoriju smo določili koncentracijo nitratnih ionov ( $\text{NO}_3^-$ ) po metodi z natrijevim salicilatam in koncentracijo ortofosfatnih ionov ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) po metodi z amonmolibdatom.

#### 5.1.2 Širša okoljska ocena vodotoka

Pregledovanje vodotokov smo začeli na točki, kjer vodotok zapusti sklenjen gozd. Vodotoke smo razdelili na odseke dolge približno 200 m. Začetek novega odseka smo določili na podlagi očitnih sprememb v vodotoku (gostota in vrstna sestava makrofitov, prisotnost in gostota obrežne vegetacije, spremembe struge...). V primeru, da očitnih sprememb ni bilo, smo točko novega odseka določili zraven orientacijske točke (most, zidani objekt, sotočje, idr.). Za določevanje pozicije smo si pomagali z GPS napravo (Global Positioning System) Garmin GPS 12. Za vsak odsek smo naredili širšo okoljsko oceno s pomočjo po Petersenu (1992) prirejene RCE metode (Germ in sod., 2003; Urbanič, Toman, 2003). RCE (Riparian, Channel and Environmental Inventory) je ena od metod ekomorfološkega vrednotenja vodotokov. Izdelana je za ocenjevanje fizičnega in biološkega stanja majhnih vodotokov v nižinski kmetijski pokrajini. Metoda omogoča hitro oceno in primerjanje med posameznimi odseki istega vodotoka ali med različnimi vodotoki. Prirejena RCE metoda temelji na dvanajstih značilnostih vodotoka, ki opredelijo

obrežni pas, morfologijo struge in zaledje. Za vsako od dvanajstih značilnosti izberemo enega od štirih možnih stanj, ki mu pripada določeno število točk. S pomočjo seštevanja točk vseh dvanajstih značilnosti, vodotok uvrstimo v enega od petih RCE kakovostnih razredov.

### **5.1.3 Ocena habitatnih parametrov**

Po Janauer-jevi klasifikaciji (2002) smo na posameznih odsekih opredelili habitatne parametre. To so struktura brega, tip sedimenta, hitrost toka in raba zemljišča na širšem področju vodotoka. Vsakemu parametru in njegovim podenotam je določena številčna koda, ki omogoča lažjo obdelavo podatkov.

### **5.1.4 Makrofiti**

V rastni sezoni 2005 smo vzdolž celotnih vodotokov popisali makrofitske vrste, nabrali po en primerek vsake vrste in ga herbarizirali, oz. vložili v alkohol. Popis makrofitov smo opravili z bregov, na bolj plitkih delih smo potoke tudi prebredli. Pri nabiranju smo si pomagali z ribiško palico na katero smo pritrdili več trnkov. Pri popisu vrst smo uporabili enako razdelitev vodotokov na odseke, kot smo jo uporabili za določitev širše okoljske ocene. Ocenili smo pogostost po petstopenjski lestvici in določili rastne oblike rastlinskih vrst po metodologiji, ki sta jo opisala Pall in Janauer (1995).

## **5.2 OBDELAVA PODATKOV**

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

Rezultate smo prikazali grafično s pomočjo programa MS Excel.

## **5.2.2 Širša okoljska ocena vodotoka**

Točkovno vrednotenje in popis okoljskih dejavnikov po RCE metodi smo prikazali grafično, s pomočjo programa MS Excel. Stolpci na grafih prikazujejo število točk, ki jih doseže posamezen odsek vodotoka.

## **5.2.3 Kategorizacija vodotokov po RCE metodi v primerjavi s kategorizacijo po naravovarstvenem pomenu**

Rezultate kakovosti vodotokov smo primerjali s podatki Agencije za okolje in prostor (priloga I3), ki so dostopni na elektronskem Interaktivnem naravovarstvenem atlasu (Ministrstvo za okolje, prostor in energijo). Študija Kategorizacija pomembnejših vodotokov po naravovarstvenem pomenu je bila izvedena med leti 1994 in 1999 na osnovi potrebe po sistematičnem interdisciplinarnem obravnavanju vodotokov. Izdelana je bila kot osnova za usmerjanje posegov v območje vodotoka, služila bi naj tudi kot osnova za izdelavo izključno naravovarstvene metode vrednotenja vodotokov. V raziskavi so bile upoštevane ekomorfološke značilnosti vodotoka (struga, breg in prispevno območje), spremembe vodotoka, krajinske značilnosti ter naravna dediščina (priloga I1). Glede na ohranjenost so bili razvrščeni v 4 kakovostne razrede s tremi medrazredi (priloga I2). (Bratina Jurkovič, 1999).

## **5.2.4 Ocena habitatnih parametrov**

Podatke smo prenesli v MS Excel-ovo preglednico in jih grafično prikazali. Pojavljanje določenega parametra glede na celoten vodotok je prikazano v deležih. Upoštevali smo tudi dolžine posameznih odsekov, tako da so deleži predstavljeni glede na dejansko dolžino posameznih odsekov, kjer se določen parameter pojavlja.

### 5.2.5 Pojavljanje in pogostost makrofitov vzdolž celotne dolžine vodotokov

Ocene prisotnosti in pogostosti makrofitov nam pokažejo razlike v razporeditvi rastlin v celotnem vodotoku. V posameznem odseku smo po petstopenjski lestvici ocenili količino posamezne vrste v odseku (Pall in Janauer, 1995). Količino interpretiramo kot masni indeks (MI), ki je z dejansko biomaso (PM) povezan s funkcijo  $f(x)=x^3$  (Melzer in sod. 1986 cit. po Pall in Janauer, 1995).

Za računanje kvantitativne pomembnosti vrste v določenem odseku, uporabimo relativno rastlinsko maso (RPM) (Pall in Janauer, 1995).

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

$RPM_x$  = 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 lahko vzdolž vodotoka razporejene na dva načina:

1 – relativno homogena razporeditev ali

2 – nezvezna gručasta razporeditev

Povprečni masni indeks (MMI) nam daje bolj natančno razlago porazdelitve vrst.

Pomembnost vrste prikazuje z dveh različnih 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)

$$\text{MMT} = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^n \text{MI}_i^3 \cdot \text{AL}_i}{\text{GL}}}$$

$$\text{MMO} = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=x}^n \text{MI}_i^3 \cdot \text{AL}_i}{\sum_{i=x}^n \text{AL}_i}}$$

$\text{MI}_i$  = masni indeks vrste v odseku  $i$

$\text{AL}_i$  = dolžina odseka  $i$ , v katerem je vrsta prisotna

$\text{GL}$  = celotna dolžina pregledanega vodotoka

Kadar 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.

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

Obdelavo podatkov o prisotnosti in pogostosti makrofitov vzdolž celotne dolžine vodotokov smo naredili s pomočjo računalniškega programa, ki ga je po metodologiji Pall in Janauer (1995), priredil Milijan Šiško.

### 5.2.6 Dendrogram različnosti med odseki

Posamezne odseke smo glede na prisotnost in pogostost vrst primerjali s pomočjo Bray-Curtisovega indeksa različnosti. Vsakemu paru odsekov smo določili indeks različnosti, s katerim smo ocenili podobnost abundanc rastlinskih vrst. Indeks različnosti zavzame vrednost med 0 in 1. Če odseka nimata skupne niti ene vrste, je indeks različnosti enak 1, če pa so na odsekih prisotne enake vrste z enako abundanco, je indeks različnosti enak 0. Odseki, ki so si najbolj podobni, tvorijo klastre (skupine). Klastre smo predstavili s pomočjo diagrama drevesaste strukture - dendrograma.

$$BC_{ij} = \sum_{k=1}^n \frac{|x_{ik} - x_{jk}|}{(x_{ik} + x_{jk})}$$

$BC_{ij}$  = Bray-Curtisov indeks različnosti

$x_{ik}$  = abundanca vrste k na odseku i

$x_{jk}$  = abundanca vrste k na odseku j

$n$  = število vrst

### 5.2.7 Kanonična korespondenčna analiza (CCA)

Kanonična korespondenčna analiza nam omogoča raziskati povezavo med dvema skupinama spremenljivk. Glavna ideja metode je zmanjšanje števila spremenljivk. Osnovni nabor spremenljivk transformiramo v množico novih (umetnih) spremenljivk, ki jih imenujemo kanonične osi. Te nove spremenljivke so linearna kombinacija osnovnih spremenljivk in nosijo v sebi kar se da velik del informacije osnovnih spremenljivk. Mera za informacijo je varianca. Prva kanonična os je določena tako, da pojasni čim večji del celotne variance. Druga kanonična os je določena tako, da je neodvisna od prve in pojasni kar se da velik del še nepojasnjene variance, itd. Kanonične osi so med seboj pravokotne, njihovo število pa je omejeno s številom okoljskih spremenljivk (Vidrih, 2006). Vsota lastnih vrednosti teh osi predstavlja pojasnjeno varianco. Vse nadaljne – nekanonične osi niso linearna kombinacija okoljskih spremenljivk, njihove lastne vrednosti pa predstavljajo nepojasnjene del variance. Vsota pojasnjene ter nepojasnjene variance predstavlja celotno

varianco združbe. Z izračunom razmerja med pojasnjeno in celotno varianco pa določimo, kolikšen odstotek variabilnosti združbe je pojasnjen z okoljskimi spremenljivkami (Urbanič, 2004).

V našem primeru smo poskušali prikazati povezavo med okoljskimi spremenljivkami, pojavljanjem in razporeditvijo vrst. Raziskovali smo tudi povezavo med izbranimi fizikalnimi in kemijskimi parametri ter makrofitskimi taksoni. Pri kanonični korespondenčni analizi predpostavljamo, da prisotnost in številčnost vrst vzdolž okoljskega gradienta sledi Shelfordovem zakonu tolerance: vsaka vrsta najbolje uspeva pri določeni vrednosti spremenljivke (optimum vrste) in ne more preživeti, če so vrednosti spremenljivke previsoke ali prenizke (Ter Braak in Verdonschot, 1995). Poleg tega je odvisnost med okoljsko spremenljivko in številčnostjo vrste simetrično unimodalna (Ter Braak, 1987). Pri CCA metodi vsaka rastlina predstavlja neodvisno spremenljivko, njena pojavnost v združbi oz. v našem primeru v odseku, pa je dejavnik oz. dogodek (Vidrih, 2006).

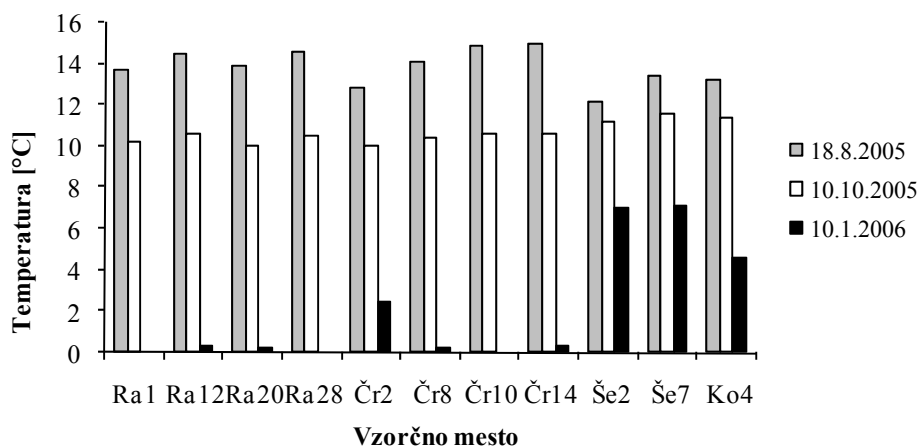
Rezultati so prikazani z ordinacijskim diagramom, kjer je velikost vpliva določenega dejavnika ponazorjena z dolžino vektorja. Metoda predvideva, da prisotnost taksonov vzdolž nekega okoljskega dejavnika sledi zakonu tolerančnosti in tako najbolje uspevajo pri določeni optimalni vrednosti spremenljivke. Z metodo izbiranja (»forward selection«), ki je del programa CANOCO 4.5 (Ter Braak, 1987-1990), so izbrane le tiste okoljske spremenljivke, ki pomembno vplivajo na različnost niš različnih vrst.



## 6 REZULTATI

### 6.1 FIZIKALNE IN KEMIJSKE ANALIZE VODE

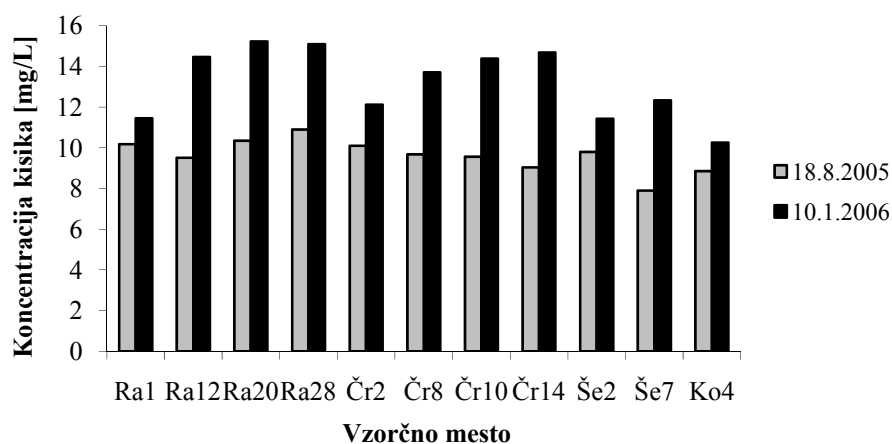
#### 6.1.1 Temperatura vode



Slika 15: Temperatura vode na različnih lokacijah v različnem času sezone

Ker so bila vzočna mesta precej oddaljena med seboj, so meritve potekale preko celega dneva. Na grafu lahko opazimo sezonske spremembe temperature, z minimumom v zimskem in maksimumom v poletnem času. Razlika v temperaturi vode poleti in pozimi je velika, izjemi sta Šentpavelščica in Kodeljevec, kjer je razlika občutno manjša. Navkljub dejstvu, da se v januarju temperature zraka tudi podnevi niso dvignile nad 0°C, je bila temperatura vode v Šentpavelščici še vedno 8°C. Opazimo tudi višjo temperaturo vode januarja v Črnem potoku (Čr2), saj se vzorčno mesto nahaja blizu izvira. Na treh vzočnih mestih (Ra1, Ra28, Čr10) je bila temperatura vode januarja 0°C. Da smo meritve lahko opravili, smo morali razbiti led na površini vodotokov.

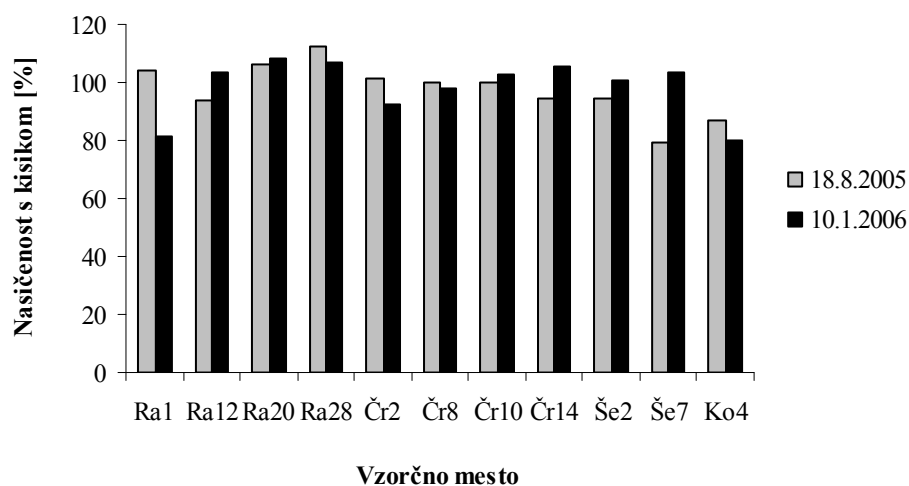
### 6.1.2 Koncentracija kisika



Slika 16: Koncentracija kisika v vodi na različnih lokacijah v različnem času sezone

Koncentracije kisika so najvišje pozimi, ko so temperature najnižje. Nizka koncentracija je prisotna na potokih Šentpavelščica in Kodeljevec, kar je najverjetneje posledica njenega počasnega toka in obdelovanih površin, ki ju obkrožajo vzdolž celotne struge.

### 6.1.3 Nasičenost s kisikom

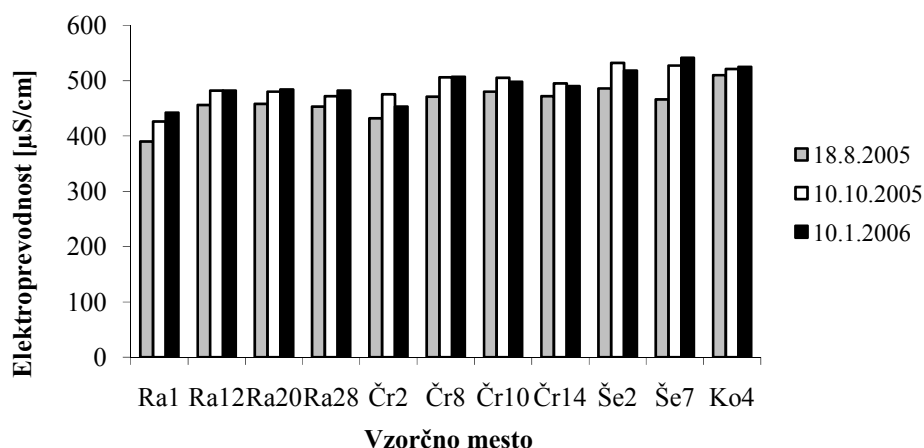


Slika 17: Nasičenost vode s kisikom na različnih lokacijah v različnem času sezone

Pri meritvi nasičenosti s kisikom smo dobili precej podobne vrednosti. Nižje vrednosti opazimo pri vodotoku Kodeljevec, na prvem vzorčnem mestu na Rašici pozimi (Ra1) in na

vzorčnem mestu Šentpavelščice (Še7). Pojavljajo se tudi vrednosti nad 100% nasičenosti s kisikom, kar lahko pripišemo večji primarni produkciji v primerjavi z respiracijo.

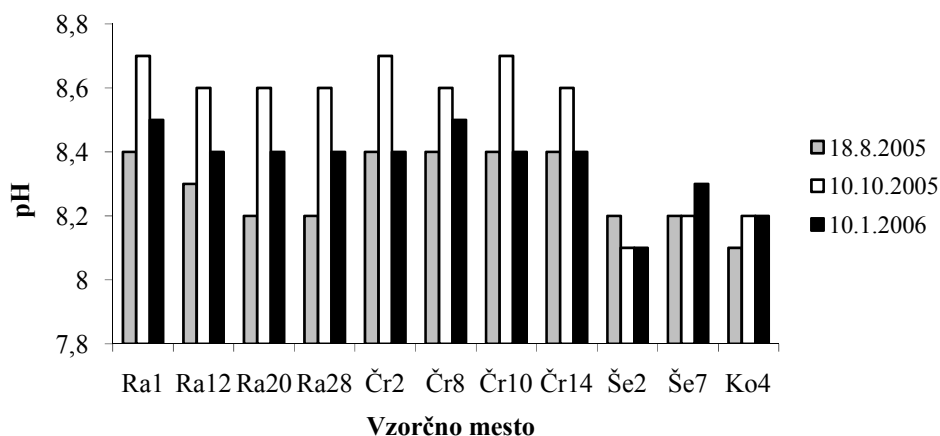
### 6.1.4 Električna prevodnost



Slika 18: Električna prevodnost vode na različnih lokacijah v različnem času sezone

Izmerili smo vrednosti med 390 in 541  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Višje vrednosti opazimo jeseni oz. pozimi, saj je bioprodukcija zaradi neugodnih razmer nizka. Pri Šentpavelščici in Kodeljevcu se pojavljajo nekoliko višje vrednosti kot pri ostalih vodotokih.

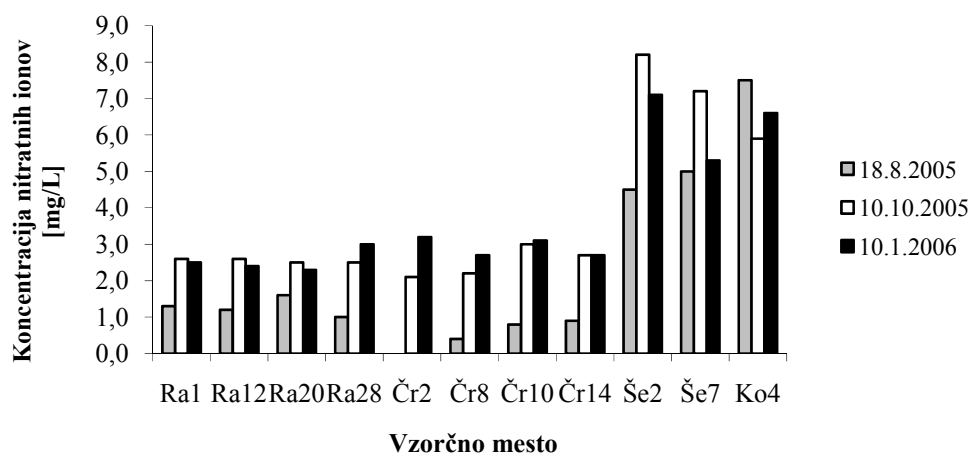
### 6.1.5 pH



Slika 19: pH vode na različnih lokacijah v različnem času sezone

Na grafu opazimo, da se vrednosti spreminjajo ne samo med vodotoki ampak tudi med posameznimi meritvami. Najnižje vrednosti smo izmerili na Šentpavelščici in Kodeljevca, višje na ostalih dveh vodotokih. Vrednosti višje od 8,5 opazimo na Rašici in Črnem potoku, predvsem pri jesenski meritvi.

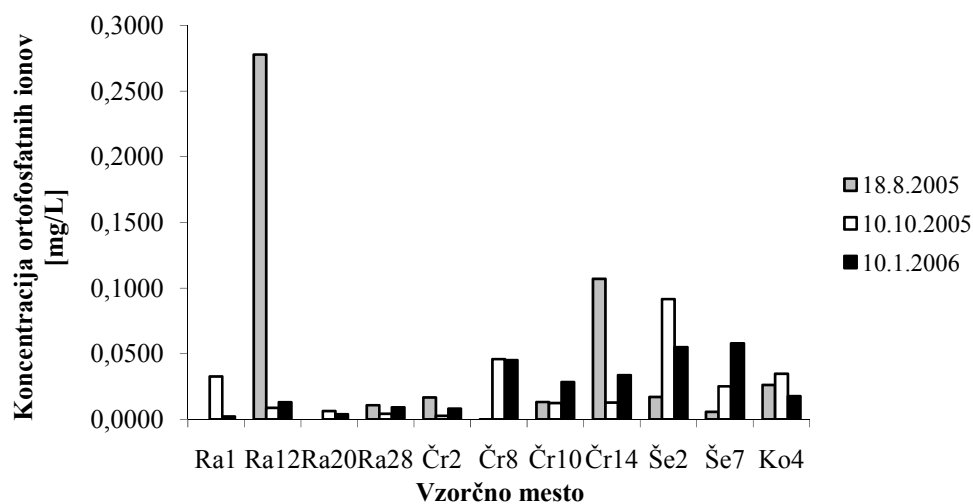
### 6.1.6 Vsebnost nitratov



Slika 20: Koncentracija nitratnih ionov v vodi na različnih lokacijah v različnem času sezone

Vsebnost nitratnih ionov se močno razlikuje med posameznimi vodotoki in znotraj samih vodotokov. Opazimo višje vrednosti na vodotokih Šentpavelščica in Kodeljevca. Na povišanje vrednosti v jesenski meritvi na Šentpavelščici je lahko vplivalo obilno deževje nekaj dni pred meritvijo, saj so bili okoliški travniki še vedno poplavljeni. Z izjemo Kodeljevca, so na vseh vodotokih najnižje koncentracije izmerjene poleti.

### 6.1.7 Vsebnost fostatov



Slika 21: Koncentracija ortofosfatnih ionov v vodi na različnih lokacijah v različnem času sezone

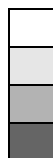
Višje vrednosti opazimo v jesenski in zimski meritvi na vzorčnih mestih na Črnem potoku, Šentpavelščici in Kodeljevcu. Nizke vrednosti ostanejo skozi vse leto na dvajsetem in oseminsvajsetem odseku Rašice in na drugem odseku Črnega potoka. Izstopa vrednost izmerjena poleti na dvanajsetem odseku Rašice.

## 6.2 ŠIRŠA OKOLJSKA OCENA VODOTOKOV

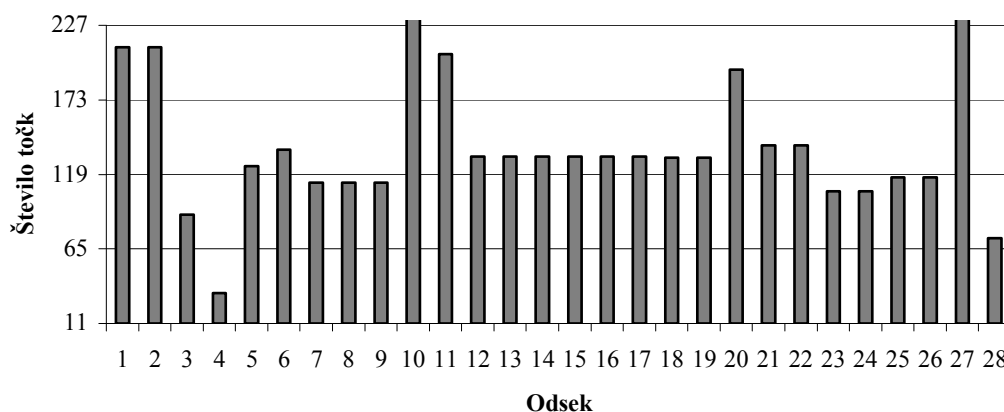
### 6.2.1 Rašica

št. odseka parameter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Izraba tal za ob. pasom														
Širina obrežnega pasu														
Sklenjenost vegetacije														
Vegetacija ob. pasu														
Zadrževalne strukture														
Oblika struge														
Usedline v strugi														
Struktura brega														
Spodjedanje brega														
Dno vodotoka														
Brzice, tolmuni, meandri														
Detrit														
št. odseka parameter	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Izraba tal za ob. pasom														
Širina obrežnega pasu														
Sklenjenost vegetacije														
Vegetacija ob. pasu														
Zadrževalne strukture														
Oblika struge														
Usedline v strugi														
Struktura brega														
Spodjedanje brega														
Dno vodotoka														
Brzice, tolmuni, meandri														
Detrit														

Neokrnjeno stanje (največ točk za parameter)  
 Dobro stanje  
 Slabše stanje  
 Najslabše stanje (najmanj točk za parameter)



Slika 22: Širša okoljska ocena za Rašico







Slika 23: Število točk in RCE kakovostni razred posameznega odseka za Rašico

Večina vodotoka Rašica spada v tretji RCE kakovostni razred. Večji del brega vodotoka je poraščena s posameznimi drevesi. V prvem odseku vodotok na desnem bregu obdaja gozd, na levem so travniki in tudi posamezne hiše. V drugem odseku so razmere podobne, vodotok teče mimo vasi Rob, desni breg se dotika gozda. Rašica v tretjem odseku teče skozi območje obdelanih travnikov. Začetek četrtega odseka sovпада z začetkom vasi Dolščaki. Tu je vodotok kanaliziran, struga je zabetonirana, bregove utrjujejo velike skale. Iz vasi v strugo vodijo kanalizacijske cevi. Peti odsek poteka po obdelanem območju. Prevladujejo travniki in koruzne njive. Na koncu šestega odseka je območje ob vodotoku zamočvirjeno. V sedmem, osmem in devetem odseku se struga razcepi in na koncu devetega spet združi. Na nekaterih mestih vodotok teče skozi močvirje, ker pa so ob strugi tudi posamezne hiše, je ponekod struga utrjena z umetnim materialom. Bregove vodotoka v desetem, enajstem in začetku dvanajstega odseka obdaja močvirje. Predel je zelo težko prehoden, območje pa preveč mokro, da bi na njem lahko ustvarili kmetijske površine. Vodotok smo uvrstili v tretji RCE kakovostni razred, predvsem zaradi pomanjkanja zadrževalnih struktur v strugi in peščenega dna. Od trinajstega do šestnajstega odseka obrežni pas pokriva močvirje in posamezni travniki. V sedemnajstem odseku vodotok doseže vas Rašico. Na obrežju se nahajajo posamezne hiše in opuščen mlin. V devetnajstem odseku vodotok teče mimo Trubarjeve domačije. Zaradi zaježitve pred mlinom se tok zelo upočasni, struga pa poglobi. Ob koncu dvajsetega odseka vodotok zapusti vas in od enaindvajsetega do konca štiriindvajsetega odseka prečka obdelane površine – prevladujejo travniki. Na desnem bregu se vodotok dotika mešanega gozda. V

petindvajsetem odseku Rašica teče mimo vasi Ponikve, v šestindvajsetem so na njenem bregu zgrajeni objekti Delavno varstvenega zavoda Prizma. Vodotok v sedemindvajsetem odseku prečka gozd, v zadnjem – osemindvajsetem pa doseže košene travnike, kjer tudi ponikne.

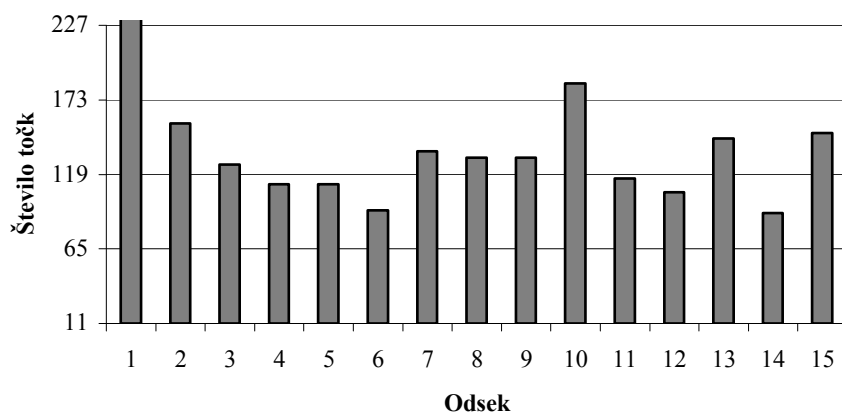
### 6.2.2 Črni potok

št. odseka parameter																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Izraba tal za ob. pasom		■		■	■	■						■	■	■	■	
Širina obrežnega pasu		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Sklenjenost vegetacije		■		■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	
Vegetacija ob. pasu		■		■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	
Zadrževalne strukture			■	■	■	■	■	■			■	■	■	■	■	■
Oblika struge			■										■	■	■	■
Usedline v strugi			■	■	■	■	■	■				■	■	■	■	■
Struktura brega	■	■	■	■	■	■	■									
Spodjedanje brega	■		■	■	■	■	■				■	■	■	■	■	■
Dno vodotoka			■	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■
Brzice, tolmoni, meandri	■	■	■	■											■	■
Detrit	■	■	■	■								■	■	■	■	■

Neokrnjeno stanje (največ točk za parameter)   
 Dobro stanje   
 Slabše stanje   
 Najslabše stanje (najmanj točk za parameter) 

Slika 24: Širša okoljska ocena za Črni potok









Slika 25: Število točk in RCE kakovostni razred posameznega odseka za Črni potok

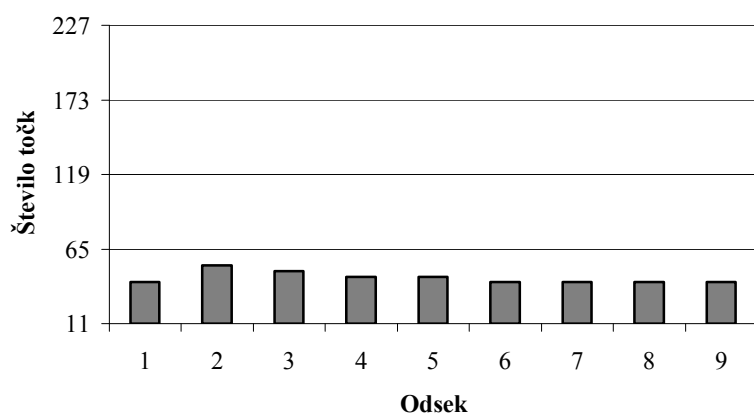
Črni potok izvira globoko v gozdu, kar je tudi razlog za uvrstitev prvega odseka v prvi RCE kakovostni razred. V drugem odseku potok delno teče skozi gozd, delno skozi obdelano pokrajino s košenimi travniki. Četrti, peti in šesti odsek smo uvrstili v četrti RCE kakovostni razred saj potok prečka obdelane površine – prevladujejo košeni travniki. Na bregu se nahajajo posamezne hiše, breg je ponekod utrjen, struga pa poglobljena. Močvirnat del se začne s koncem sedmega in se nadaljuje vse do konca desetega odseka. Ponekod so prebivalci močvirje osušili, površine pa zasejali s travo ali deteljo. V enajstem in dvanajstem odseku potok teče mimo manjših vasi. Tu je struga regulirana. Od začetka trinajstega do konca petnajstega odseka (do izliva v Rašico) bregove in zaledje poraščajo močvirske rastline in pionirske lesne vrste. V štirinajstem odseku so na desnem bregu posamezne hiše zaradi česar smo ta del uvrstili v četrti RCE kakovostni razred.

### 6.2.3 Šentpavelščica

parameter \ št. odseka	št. odseka								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Izraba tal za ob. pasom	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Širina obrežnega pasu	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Sklenjenost vegetacije	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Vegetacija ob. pasu	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Zadrževalne strukture	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Oblika struge	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Usedline v strugi	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Struktura brega	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Spodjedanje brega	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Dno vodotoka	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Brzice, tolmuni, meandri	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Detrit	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Neokrnjeno stanje (največ točk za parameter)   
 Dobro stanje   
 Slabše stanje   
 Najslabše stanje (najmanj točk za parameter) 

Slika 26: Širša okoljska ocena za Šentpavelščico







Slika 27: Število točk in RCE kakovostni razred posameznega odseka za Šentpavelščico

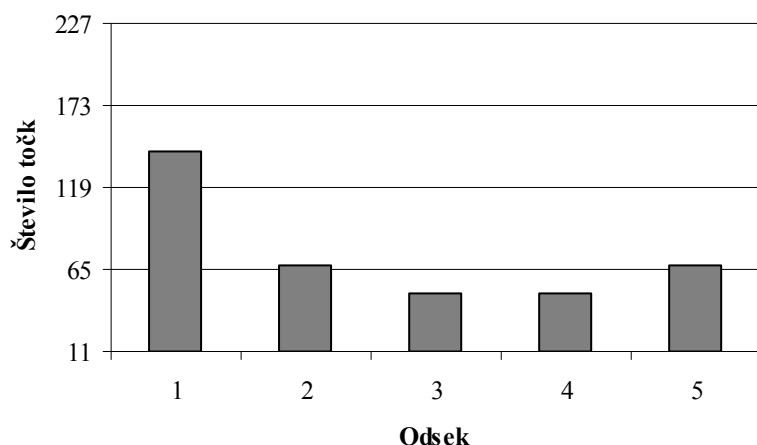
Celotno območje preko katerega teče potok Šentpavelščica smo uvrstili v najslabši – peti RCE kakovostni razred. Zadrževalnih struktur je malo, prisotno je močno spodjedanje brega, pogoste so tudi poplave. Potok teče skozi kmetijsko pokrajino. Od kmetijskih površin prevladujejo košeni travniki, koruzne in krompirjeve njive. Dreves oz. lesnih vrst na obrežju skoraj ni, saj so travniki pokošeni do struge.

### 6.2.4 Kodeljevec

parameter \ št. odseka	št. odseka				
	1	2	3	4	5
Izraba tal za ob. pasom					
Širina obrežnega pasu					
Sklenjenost vegetacije					
Vegetacija ob. pasu					
Zadrževalne strukture					
Oblika struge					
Usedline v strugi					
Struktura brega					
Spodjedanje brega					
Dno vodotoka					
Brzice, tolmuni, meandri					
Detrit					

Neokrnjeno stanje (največ točk za parameter)   
 Dobro stanje   
 Slabše stanje   
 Najslabše stanje (najmanj točk za parameter) 

Slika 28: Širša okoljska ocena za Kodeljevec



Slika 29: Število točk in kakovostni razred posameznega odseka za Kodeljevec

Potok Kodeljevec izvira v gozdu. V prvem odseku desni breg potoka obdaja mešan gozd, zato smo ga uvrstili v tretji RCE kakovostni razred. V vseh naslednjih odsekih prečka obdelane površine. Prevladujejo košeni travniki. Površine so pokošene povsem do brega potoka, zato so lesne rastline ob bregu redke. V tretjem in petem odseku potok teče mimo vasi, kar je še dodatno znižalo število točk.

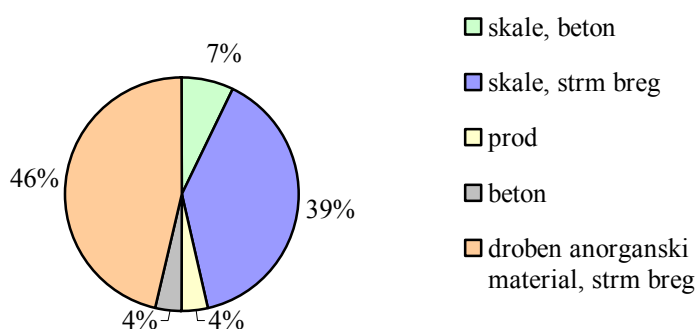
## 6.3 OCENA HABITATNIH PARAMETROV

### 6.3.1 Struktura brega

Na odsekih smo s pomočjo obrazca po Janauer-ju (2002) določili strukturo brega. Navadno so se pojavljale kombinacije navedenih tipov substrata, zato so tako navedene tudi v grafih.

V diagramih so strukture (ali kombinacije struktur), ki sestavljajo breg prikazane v odstotkih.

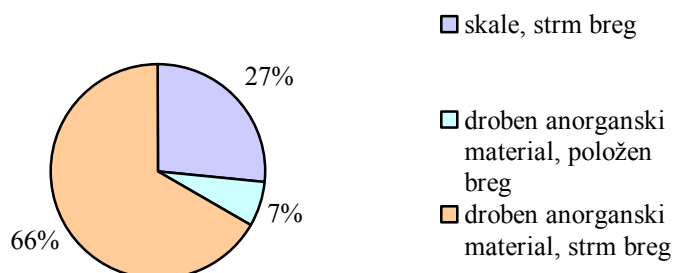
#### 6.3.1.1 Rašica



Slika 30: Struktura brega v Rašici

Na predelih Rašice kjer breg še sestavlja prvoten material, je le-ta strm in sestavljen iz drobnega anorganskega materiala, le na krajšem odseku tudi iz proda. Ker Rašica rada poplavlja, so jo domačini kanalizirali s pomočjo skal, ki so jih vgradili v breg. Zlasti v predelu, kjer Rašica teče neposredno mimo hiš, so bregovi tudi zabetonirani. Kjer breg sestavlja droben anorganski material, lahko opazimo močno spodjedanje brega. To je še posebej prisotno v predelih, kjer ni utrjeno z rastlinstvom.

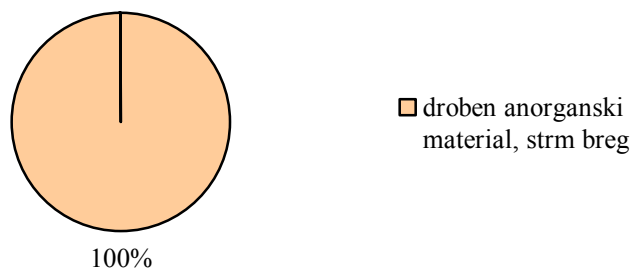
### 6.3.1.2 Črni potok



Slika 31: Struktura brega v Črnem potoku

V Črnem potoku prevladuje droben anorganski material, ki oblikuje strm breg. Ponekod je breg položen, toda bolj redko. Tudi Črni potok so v preteklosti regulirali. Skale, ki utrjujejo breg, so večinoma prinešene.

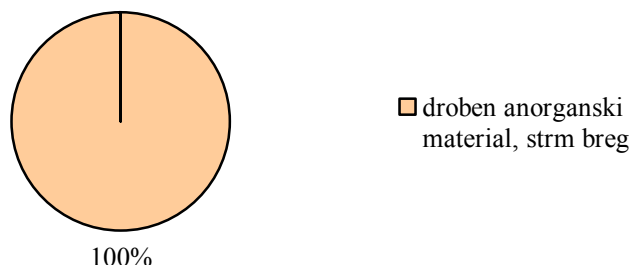
### 6.3.1.3 Šentpavelščica



Slika 32: Struktura brega v Šentpavelščici

Breg Šentpavelščice je sestavljen iz drobnega anorganskega materiala, ki oblikuje strm breg. Le kjer vodotok teče pod mostom breg sestavlja umeten material, vendar tega nismo upoštevali, saj to predstavlja le neznamenat del.

#### 6.3.1.4 Kodeljevec



Slika 33: Struktura brega v Kodeljevcu

Kodeljevec teče skozi obdelano pokrajino daleč stran od vasi. Njegov breg ni utrjen, sestavljen je iz drobnega anorganskega materiala, ki oblikuje strm breg.

#### 6.3.2 Tip sedimenta

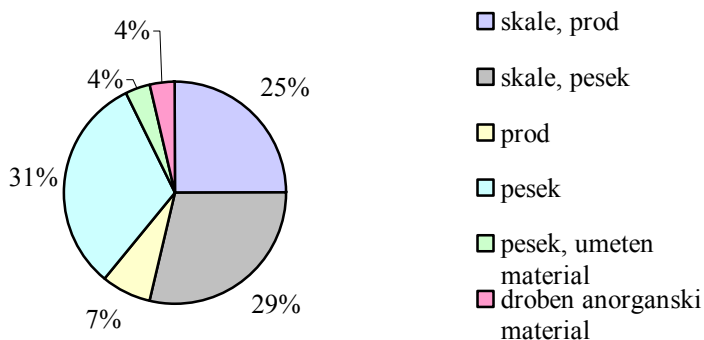
Tip sedimenta vpliva na možnost ukoreninjanja makrofitov. Če je sediment nestabilen ali se premika, je večja verjetnost, da makrofite odnese tok.

V klasifikaciji po Janauer-ju (2002) je navedenih šest tipov sedimenta:

- 1 – skale
- 2 – prod
- 3 – pesek
- 4 – droben anorganski material
- 5 – umeten material (beton, asfalt,...)
- 6 – detrit ali drug organski material

Na večini odsekov smo popisali kombinacije zgoraj navedenih sedimentov. Iz prilog E1 do E4 je razvidno, da je organski material prisoten v večini odsekov. Gre predvsem za opad obrežnega pasu (listje in les), odmrle dele rastlin, ki rastejo znotraj vodotoka in rastlin iz pokošenih brežin. Ker se pojavlja v vseh odsekih in nikjer količinsko ne prevladuje, v diagramih ni prikazan.

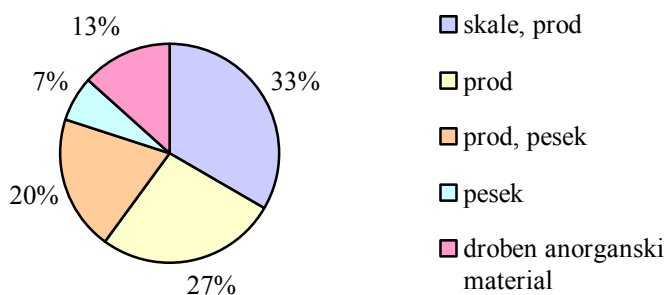
### 6.3.2.1 Rašica



Slika 34: Struktura sedimenta v Rašici

Tip sedimenta v Rašici se vzdolž vodotoka spreminja. V zgornjem delu, kjer teče skozi gozd, prevladujejo skale in prod, v srednjem delu pesek. Na odsekih Ra25, Ra26 in Ra27 kjer vodotok prečka gozd spet prevladujejo skale in prod, nato priteče na območje s košenimi travniki. Tu tudi ponikne, prevladuje pa droben anorganski material.

### 6.3.2.2 Črni potok

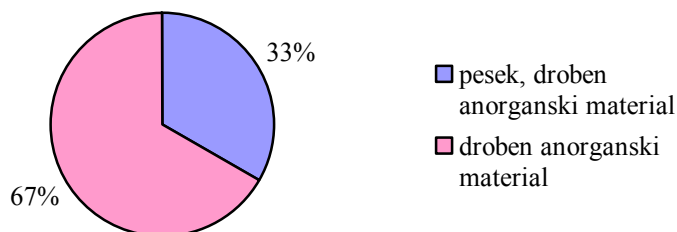


Slika 35: Struktura sedimenta v Črnem potoku

V Črnem potoku prevladuje večji sediment. Največ je kombinacije skal s prodom, sledi prod in nato kombinacija proda s peskom. Droben anorganski material se pojavlja predvsem v predelih kjer je breg močno poraščen in se tok upočasni.



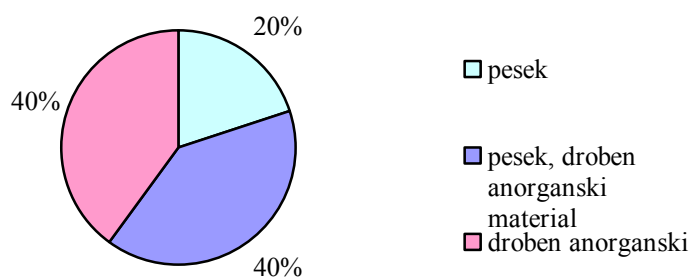
### 6.3.2.3 Šentpavelščica



Slika 36: Struktura sedimenta v Šentpavelščici

V Šentpavelščici se v vseh odsekih pojavlja droben anorganski material. Prisotno je močno spodjedanje bregov, usedanje drobnega materiala pa še pospešuje velika zaraščenost vodotoka. Dodaten material se spira tudi v času ko Šentpavelščica poplavlja. Na nekaj odsekih je opaziti tudi pesek. To je predvsem na odsekih kjer vodotok teče pod mostom, saj je bilo prisotno vsipanje materiala.

### 6.3.2.4 Kodeljevec



Slika 37: Struktura sedimenta v Kodeljevcu

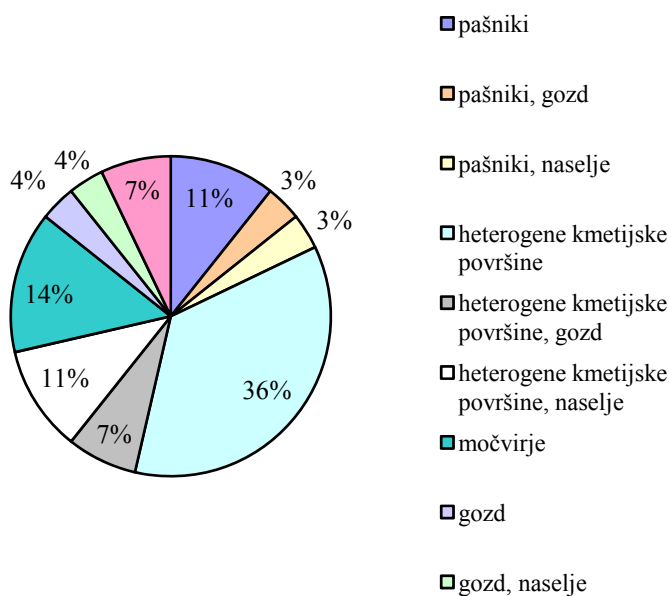
V vodotoku Kodeljevec prevladuje droben anorganski material, ponekod v kombinaciji s peskom. Prisotno je močno spodjedanje brega, ki pospešuje odlaganje drobnejšega materiala.

### 6.3.3 Zaledje

Na večini odsekov smo popisali kombinacije tipov zaledja, saj se je na desnem bregu pojavljal drugačen tip kot na levem.

Pri vseh vodotokih prevladujejo heterogene kmetijske površine. Pri Rašici in Črnem potoku je v zaledju pogosto močvirje, pri ostalih dveh pa tega ne najdemo.

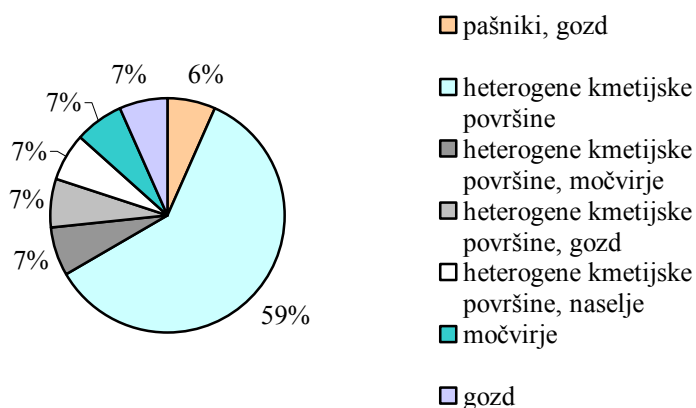
#### 6.3.3.1 Rašica



Slika 38: Zaledje ob Rašici

Ob Rašici prevladujejo heterogene kmetijske površine. Najbližje vodotoku so najpogostejši košeni travniki in pašniki. Za njive bližina vodotoka večinoma ni primerna, saj so tla zamočvirjena. Na odsekih Ra10, Ra11, Ra14 in Ra15 se razteza skoraj neprehodno močvirje na obeh bregovih. Gozd najdemo v zgornjem delu, pred vasjo Rob, ter v končnem delu pred in za vasjo Ponikve. Vodotok prečka nekaj naselij. Največja so: Rob, Rašica in Ponikve.

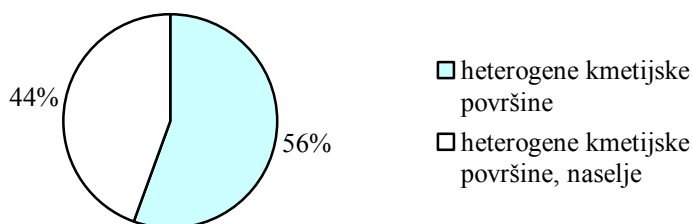
### 6.3.3.2 Črni potok



Slika 39: Zaledje ob Črnem potoku

Najpogostejše so heterogene kmetijske površine, neposredno ob potoku prevladujejo travniki in pašniki. Gozd najdemo v odseku Čr1 in v odsekih Čr3 in Čr6, kjer gozd obdaja strugo le z ene strani. Močvirje je prisotno na odseku Čr10 in na zadnjem odseku – Čr15 kjer se izliva v Rašico. Tu je močvirje zelo težko prehodno. Črni potok prečka naselja: Črni potok pri Velikih Laščah, Kaplanovo in Stope.

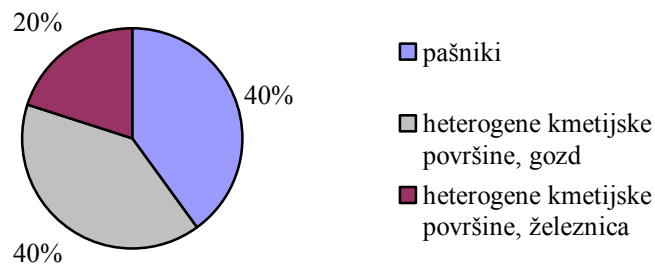
### 6.3.3.3 Šentpavelščica



Slika 40: Zaledje ob Šentpavelščici

Ob celi dolžini vodotoka se nahajajo heterogene kmetijske površine. Neposredno ob strugi prevladujejo košeni travniki, nekoliko bolj stran pa njive s krompirjem ali koruzo. Potok nikjer ne prečka sredine naselja, pač pa se mu le približa, zato so v zaledju le posamezne hiše.

#### 6.3.3.4 Kodeljevec



Slika 41: Zaledje ob Kodeljevcu

Prevladujejo heterogene kmetijske površine. Najpogostejši so košeni travniki in pašniki. Na odsekih Ko1, Ko2 in Ko3 se struga na desnem bregu dotika mešanega gozda. V zadnjem odseku je v neposredni bližini železniška proga.

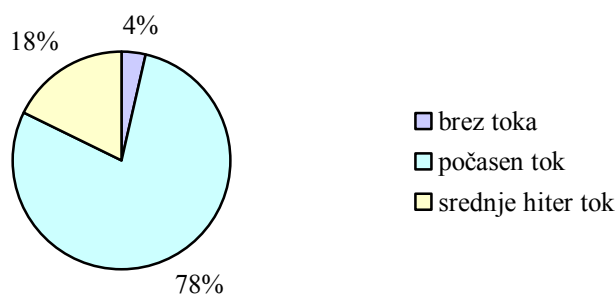
#### 6.3.4 Hitrost vodnega toka

Hitrost toka vpliva na rušenje in spodjedanje brega, na prenašanje in odlaganje sedimenta ter neposredno na rast makrofitov.

Hitrost vodnega toka smo uvrstili v eno izmed 4-ih kategorij:

- 1 – brez toka
- 2 – počasen, komaj viden tok (do 30 cm/s)
- 3 – srednje hiter tok (35 do 65 cm/s)
- 4 – hiter tok (več kot 70 cm/s)

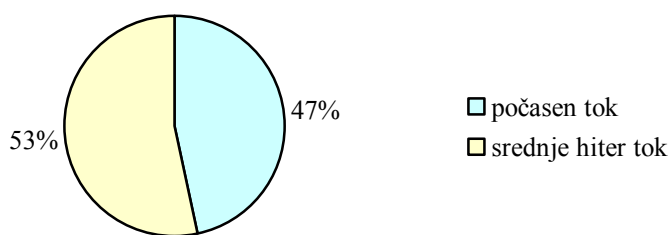
#### 6.3.4.1 Rašica



Slika 42: Hitrost vodnega toka v Rašici

V Rašici prevladuje počasen tok. V zgornjem delu je prisoten srednje hiter tok, toda ta se kaj kmalu upočasni. Še dodatno tok upočasnjujejo nekateri jezovi v vodotoku kot npr. v odseku Ra19 pri Trubarjevi domačiji. V zadnjem odseku (Ra28) se tok popolna upočasni in daje videz stoječe vode.

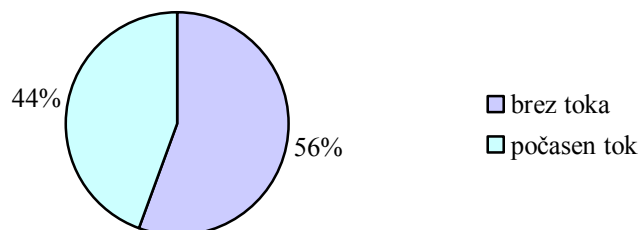
#### 6.3.4.2 Črni potok



Slika 43: Hitrost vodnega toka v Črnem potoku

V Črnem potoku prevladuje srednje hiter tok. Tega najdemo v zgornjem delu (odseka Čr1 in Čr2) in v osrednjem delu (odseki od Čr6 do Čr10). Tok se umiri predvsem v predelih kjer je v zaledju močvirje, saj zaradi majhnega strmca voda pogosto prestopi bregove.

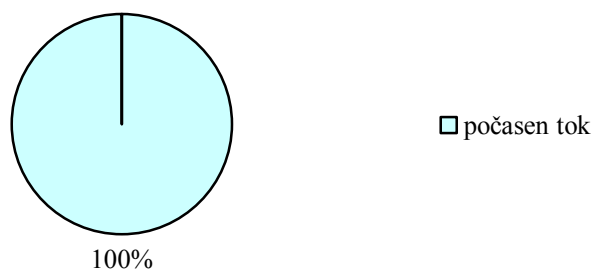
#### 6.3.4.3 Šentpavelščica



Slika 44: Hitrost vodnega toka v Šentpavelščici

Za Šentpavelščico je značilen zelo počasen vodni tok. Zaradi majhnega strmca in močne zaraščenosti na odsekih od Še5 do Še9 voda navidezno miruje. Nekoliko hitrejši toda še vedno zelo počasen je vodni tok v prvih štirih odsekih.

#### 6.3.4.4 Kodeljevec



Slika 45: Hitrost vodnega toka v Kodeljevcu

Kodeljevec je potok s počasnim tokom. Posledica so številni okljuki in odlaganje drobnejšega sedimenta.

#### 6.4 POJAVLJANJE IN RAZPOREDITEV MAKROFITOV

V izbranih vodotokih smo popisali 30 rastlinskih vrst, navedene so v spodnji preglednici. Makrofite smo razdelili glede na sistem, ki temelji na rasti obliki rastlinskih vrst (Janauer, 2002) na:

- ap – plavajoče neukoreninjene rastline
- s – potopljene neukoreninjene rastline
- sa – potopljene ukoreninjene rastline
- fl – plavajoče ukoreninjene rastline
- am – rastline z amfibijskim značajem
- he – močvirske rastline ali helofiti

Preglednica 1: Seznam rastlinskih vrst, popisanih v izbranih vodotokih

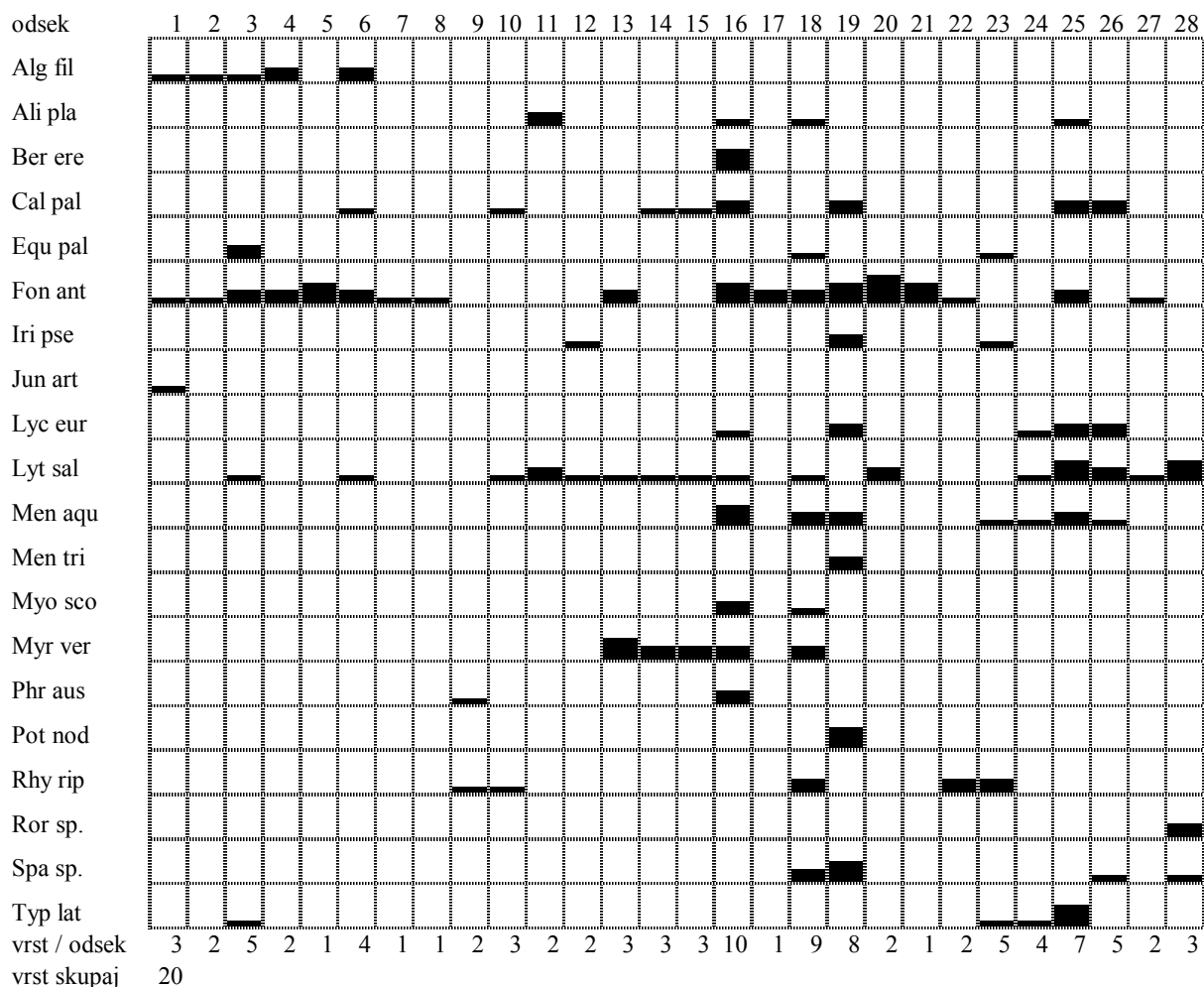
Latinsko ime	Okrajšava	Slovensko ime	Oblika
	Alg fil	nitaste alge	he
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	Ali pla	trpotčasti porečnik	he
<i>Berula erecta</i> (Huds) Coville	Ber ere	ozkolistni koščec	sa
<i>Caltha palustris</i> L.	Cal pal	navadna kalužnica	he
<i>Callitriche</i> sp.	Cal sp.	žabji las	sa
<i>Elodea canadensis</i> L. C. Rich.	Elo can	vodna kuga	sa
<i>Epilobium parviflorum</i> Schreber	Epi par	drobnocvetni vrbovec	he
<i>Equisetum palustre</i> L.	Equ pal	močvirska preslica	he
<i>Fontinalis antipyretica</i> Hedw.	Fon ant		sa
<i>Iris pseudacorus</i> L.	Iti pse	vodna perunika	he
<i>Juncus articulatus</i> L.	Jun art	bleščečeplodno ločje	he
<i>Juncus effusus</i> L.	Jun eff	navadno ločje	he
<i>Lycopus europaeus</i> L.	Lyc eur	navadni regelj	he
<i>Lythrum salicaria</i> L.	Lyt sal	navadna krvenka	he
<i>Mentha aquatica</i> L.	Men aqu	vodna meta	he
<i>Menyanthes trifoliata</i> L.	Men tri	navadni mrzličnik	he
<i>Myosotis scorpioides</i> L.	Myo sco	močvirska spominčica	he

<i>Myriophyllum verticillatum</i> L.	Myr ver	vretenčasti rmanec	sa
<i>Nasturtium officinale</i> R. Br. in Aiton	Nas off	navadna vodna kreša	sa
<i>Phalaris arundinacea</i> L.	Pha aru	pisana čužka	he
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin ex Steud.	Phr aus	navadni trst	he
<i>Potamogeton crispus</i> L.	Pot cri	kodravi dristavec	sa
<i>Potamogeton nodosus</i> Poir.	Pot nod	kolenčasti dristavec	fl
<i>Ranunculus trichophyllus</i> Chaix	Ran tri	lasastolistna vodna z.	sa
<i>Rhynchosstegium riparioides</i> (Hedw.) Card	Rhy rip		sa
<i>Rorippa</i> sp.	Ror sp.	potočarka	he
<i>Sparganium</i> sp.	Spa sp.	ježek	he
<i>Typha latifolia</i> L.	Typ lat	širokolistni rogoz	he
<i>Veronica anagallis-aquatica</i> L.	Ver ana	vodni jetičnik	he
<i>Veronica beccabunga</i> L.	Ver bec	studenčni jetičnik	he

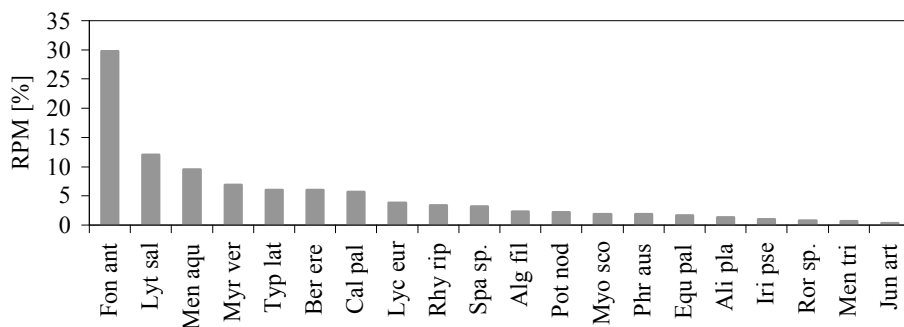


## 6.4.1 Prisotnost in pogostost makrofitov v posameznem vodotoku

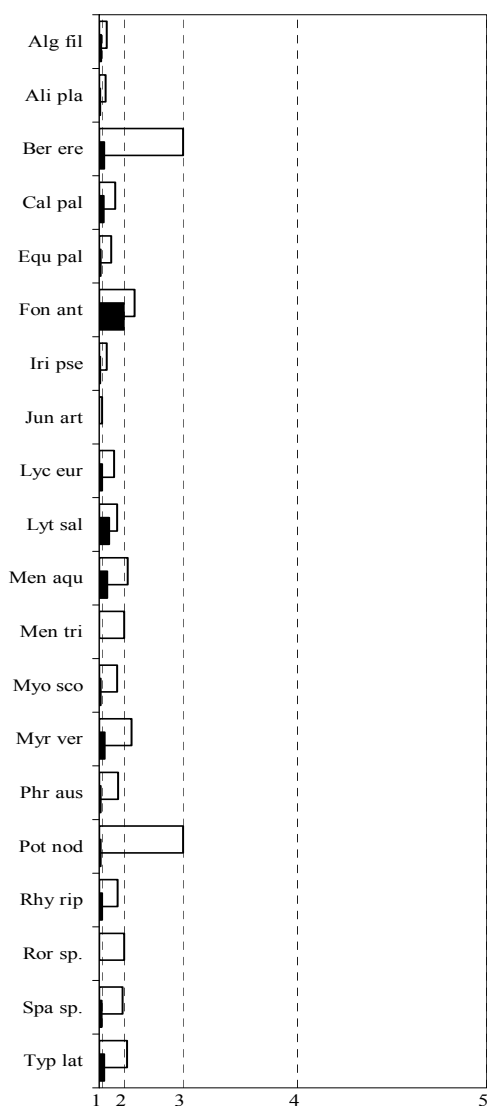
### 6.4.1.1 Rašica



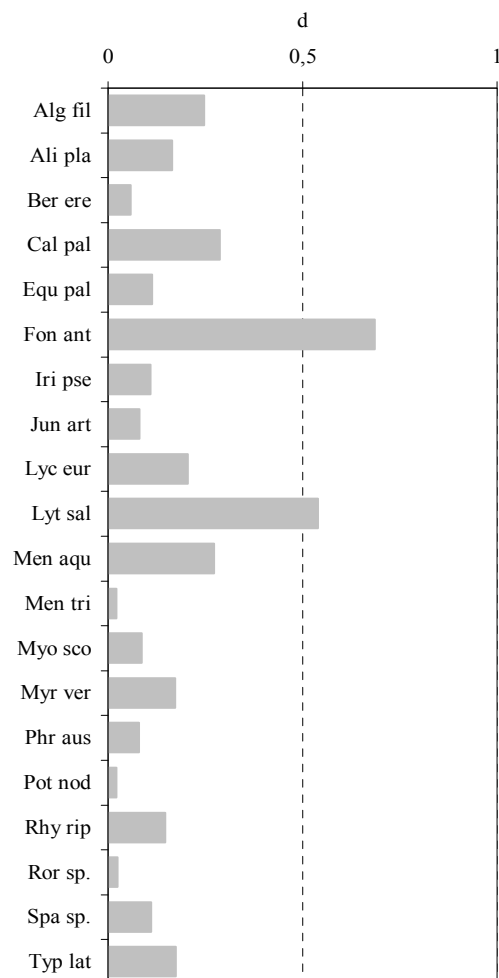
Slika 46: Razporeditev in pogostost makrofitov v Rašici



Slika 47: Relativna rastlinska masa (RPM) makrofitov v Rašici



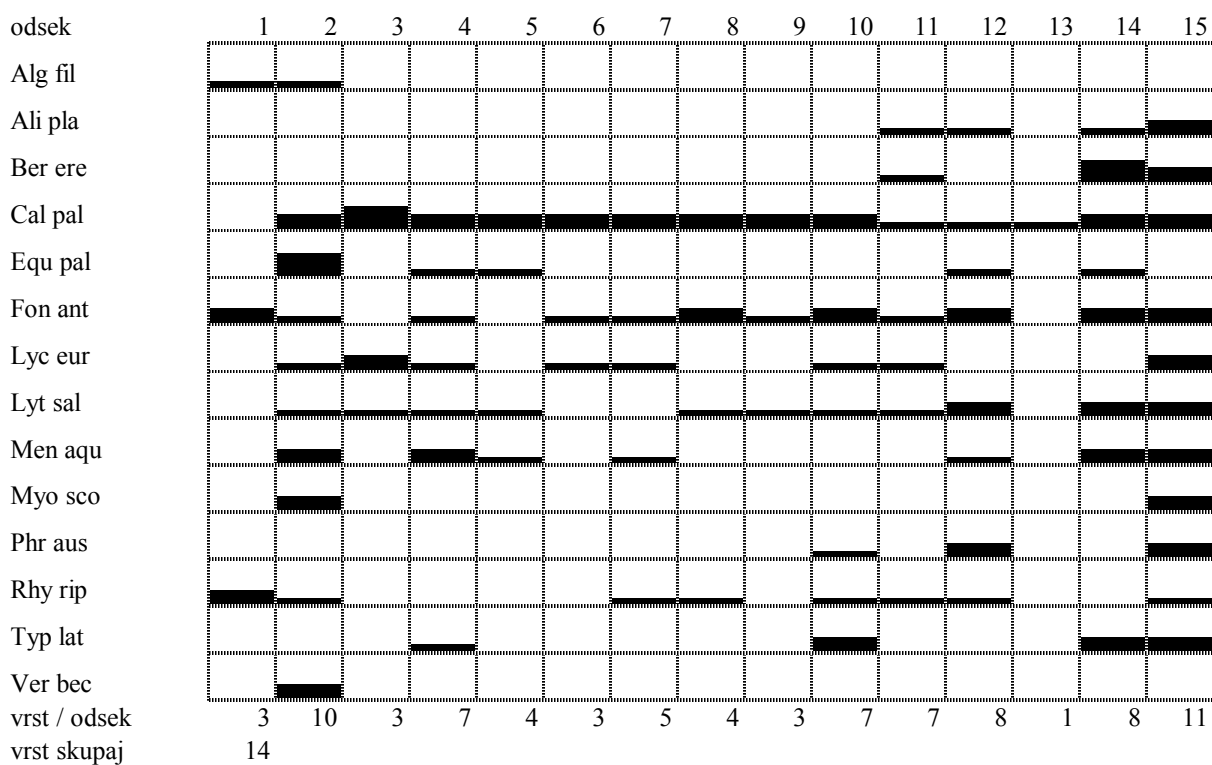
Slika 48: Povprečni masni indeks posameznih taksonov v Rašici (črne oznake – MMT, bele oznake – MMO)



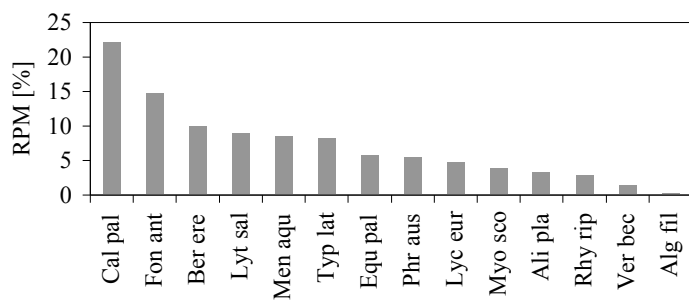
Slika 49: Razmerje povprečnih masnih indeksov MMT in MMO v Rašici

V Rašici smo popisali 20 različnih rastlinskih vrst. Največ vrst je bilo prisotnih v šestnajstem (10 vrst), osemnajstem (9 vrst) in devetnajstem (8 vrst) odseku. Tu je bila zasenčenost zaradi obrežnega rastlinja manjša. Kar v petih odsekih je bila prisotna le ena vrsta – *Fontinalys antypiretica*. Velika zasenčenost struge je tu drugim vrstam onemogočila uspevanje. Najvišjo relativno rastlinsko maso (RPM, slika 47) ima vrsta *Fontinalys antypiretica* (skoraj 30%), sledita mu vrsti *Lythrum salicaria* in *Mentha aquatica* z vrednostjo RPM okrog 10%. Ostale vrste so se pojavljale v manjšem številu. Najvišji povprečni masni indeks vrste v odsekih, kjer se vrsta pojavlja (MMO, slika 48), dosežeta vrsti *Berula erecta* in *Potamogeton nodosus*. Sledijo vrste *Fontinalys antypiretica*, *Myriophyllum verticillatum*, *Mentha aquatica* in *Typha latifolia*. Vrsti *Fontinalys antypiretica* in *Lythrum salicaria* sta prisotni v več kot polovici odsekov (slika 49). Devetnajsti odsek se razlikuje od ostalih po tem, da je voda globlja in počasnejša. Struga je širša in manj zasenčena. Na tem odseku zato najdemo dve vrsti, ki drugje nista prisotni. To sta: *Menyanthes trifoliata* in *Potamogeton nodosus*. Predstavnik rodu *Rorippa* najdemo samo na enem odseku. Prisoten je v zadnjem odseku, in sicer v delu struge, ki je občasno tudi izsušen. Na splošno zaradi velike zasenčenosti in prodnatega sedimenta Rašica ni primerna za naselitev višjih rastlin. Kjer pa se obrežna vegetacija nekoliko razredči, lahko opazimo večje število makrofitov.

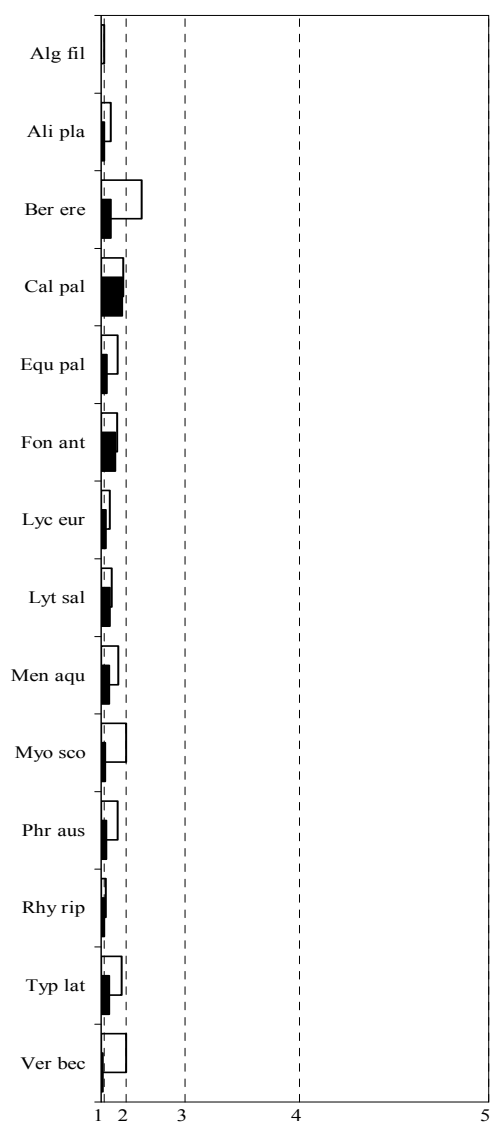
### 6.4.1.2 Črni potok



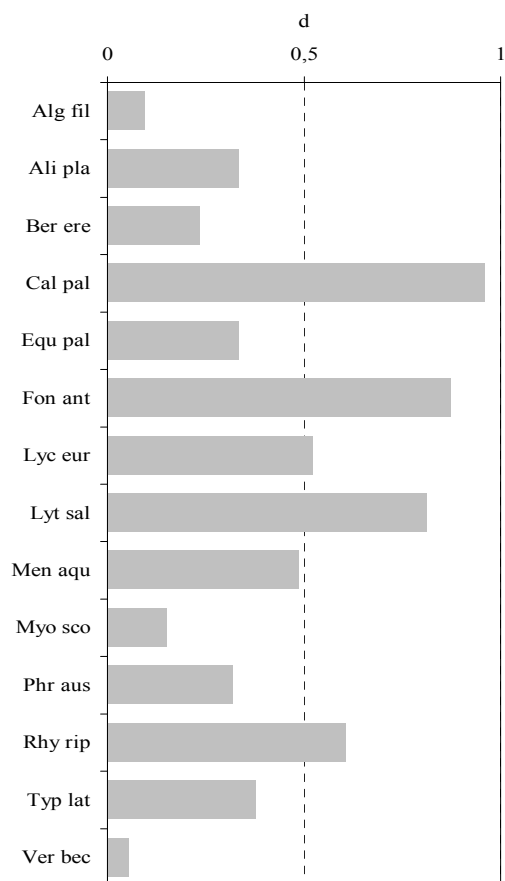
Slika 50: Razporeditev in pogostost makrofitov v Črnem Potoku



Slika 51: Relativna rastlinska masa (RPM) makrofitov v Črnem potoku



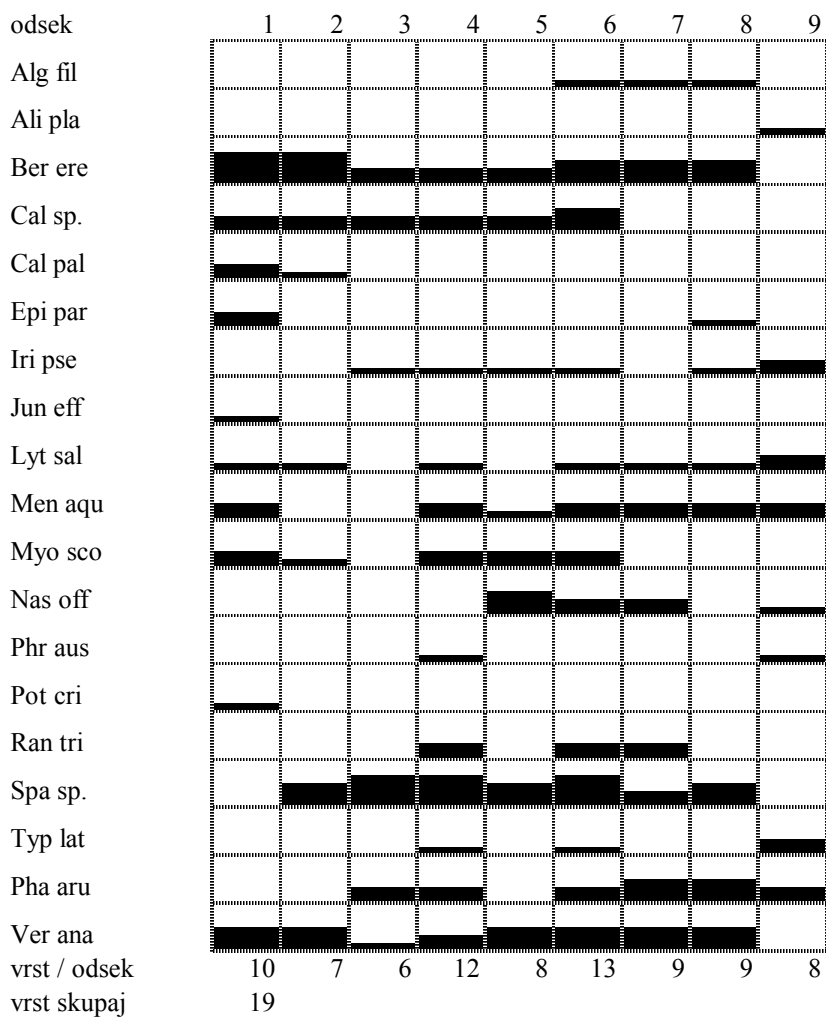
Slika 52: Povprečni masni indeks posameznih taksonov v Črnem potoku (črne oznake – MMT, bele oznake – MMO)



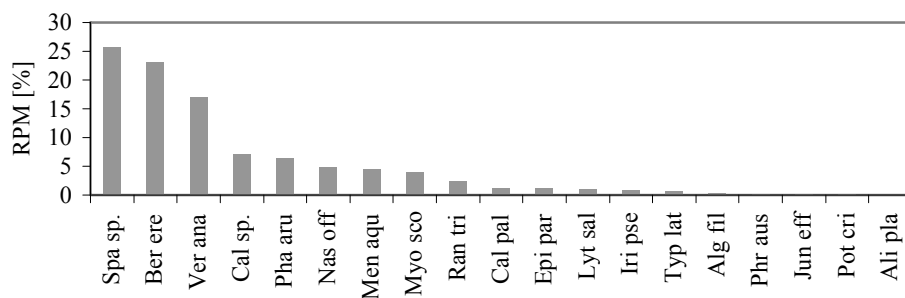
Slika 53: Razmerje povprečnih masnih indeksov MMT in MMO v Črnem potoku

V Črnem potoku smo popisali 14 različnih vrst makrofitov. Največ vrst je bilo prisotnih v drugem (10 vrst) in zadnjem – petnajstem odseku (11 vrst). Najvišjo relativno rastlinsko maso (RPM, slika 51) ima vrsta *Caltha palustris* (22%), sledi vrsta mahu *Fontinalis antipyretica* (15%). Ostale vrste imajo vrednost RPM pod 10%. Najvišji povprečni masni indeks vrste v odsekih, kjer se vrsta pojavlja (MMO, slika 52) doseže vrsta *Berula erecta*. Sledita vrsti *Veronica beccabunga* in *Myosotis scorpioides*. Glede na število odsekov, v katerih se vrsta pojavlja (slika 53) vodi vrsta *Caltha palustris* ( $d=0,9$ ). Pojavlja se v vseh odsekih, razen v prvem. Sledita vrsti *Fontinalis antipyretica* in *Lythrum salicaria*, ki sta prisotni v več kot tretjini odsekov. Vrsti *Rhynchosostegium riparioides* in *Lycopus europaeus* sta tudi dokaj pogosti, saj sta prisotni v več kot polovici odsekov. Breg potoka je skoraj po celi dolžini poraščen z lesnimi rastlinami, zaradi česar prihaja do velikega senčenja struge. Zasenčenost in neprimeren sediment (prevladuje kombinacija skal in prod) otežujeta naselitev višjih rastlin.

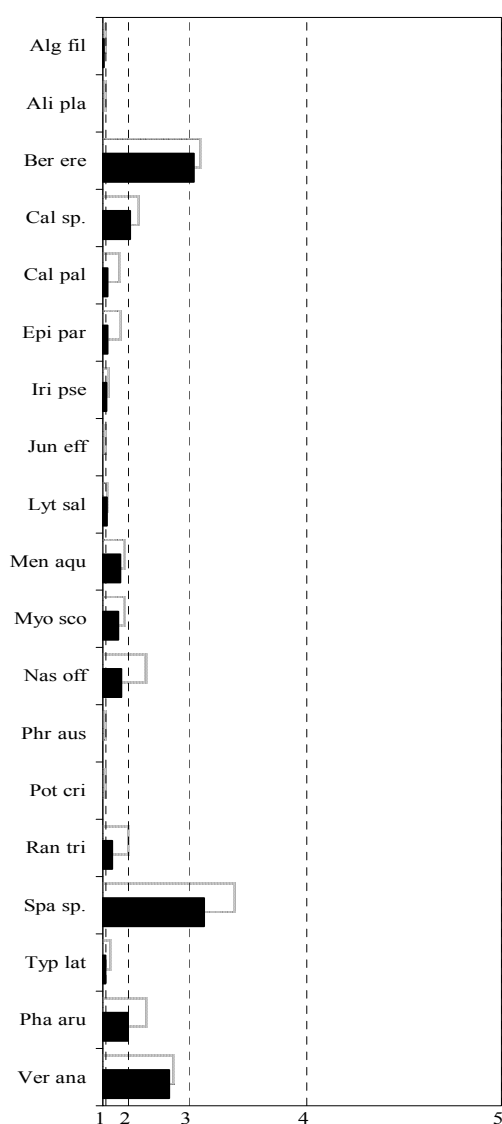
### 6.4.1.3 Šentpavelščica



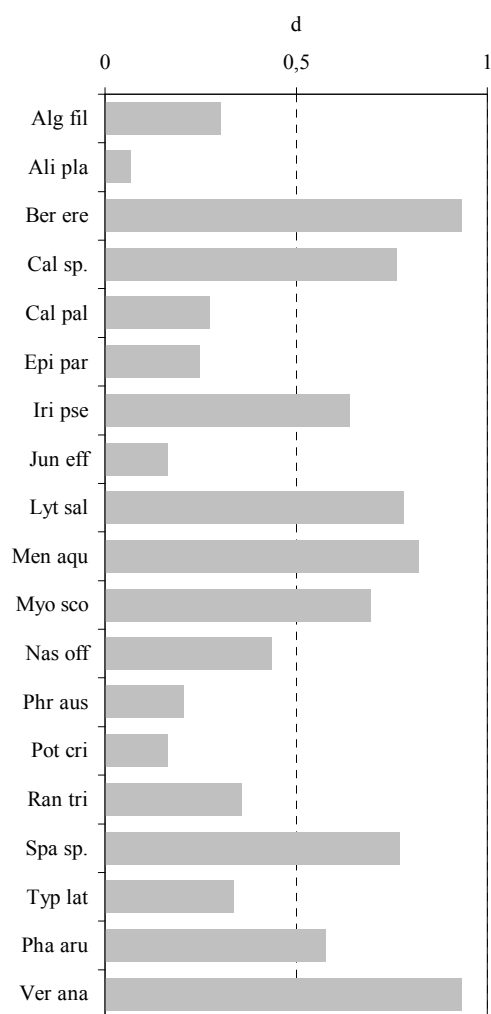
Slika 54: Razporeditev in pogostost makrofitov v Šentpavelščici



Slika 55: Relativna rastlinska masa (RPM) makrofitov v Šentpavelščici



Slika 56: Povprečni masni indeks posameznih taksonov v Šentpavelščici (črne oznake – MMT, bele oznake – MMO)

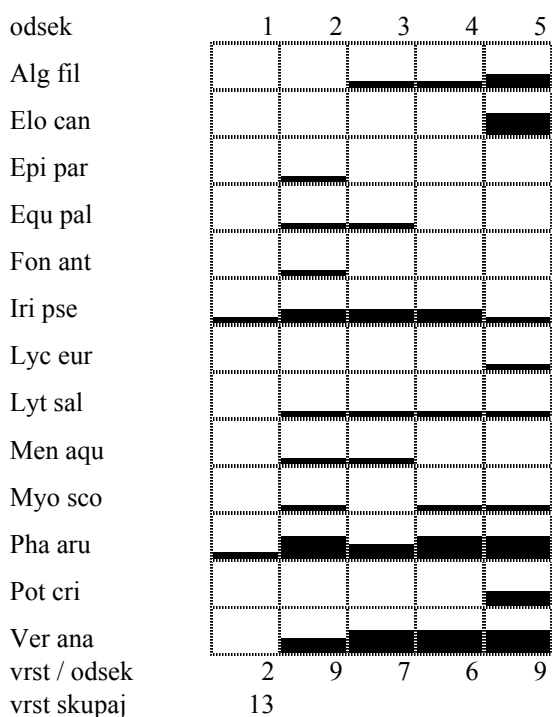


Slika 57: Razmerje povprečnih masnih indeksov MMT in MMO v Šentpavelščici

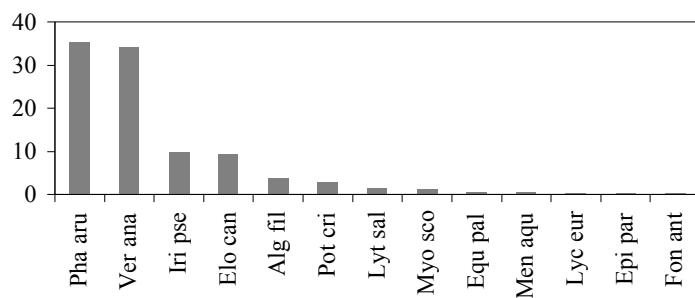


V Šentpavelščici smo popisali 19 različnih vrst. Največ vrst je bilo prisotnih v šestem (13 vrst), četrtem (12 vrst) in prvem odseku (10 vrst). Najvišjo relativno rastlinsko maso (RPM, slika 55) ima rod *Sparganium* (26%), sledi vrsta *Berula erecta* (23%) in *Veronica anagallis-aquatica* (17%). Najvišji indeks vrste v odsekih, kjer se vrsta pojavlja (MMO, slika 56) doseže rod *Sparganium* in vrsta *Berula erecta*, sledi vrsta *Veronica anagallis-aquatica*. Kar 9 vrst je prisotnih v več kot polovici odsekov (slika 57): *Berula erecta* in *Veronica anagallis-aquatica* sta prisotni v vseh odsekih razen zadnjem ( $d=0,9$ ), sledita vrsti *Mentha aquatica* in *Lythrum salicaria* ter rodova *Sparganium* in *Callitriche* (vsi imajo vrednost  $d=0,8$ ). Vrsti *Myosotis scorpioides* in *Iris pseudacorus* imata vrednost  $d=0,7$ , vrsta *Phalaris arundinacea* pa  $d=0,6$ . Tri vrste se pojavljajo samo v enem odseku. To so: *Alisma plantago-aquatica*, *Juncus effusus* in *Potamogeton crispus*. Hidromorfološki parametri se vzdolž toka ne spreminjajo veliko, zato je poraščenost dokaj homogena, brez velikih prekinitev.

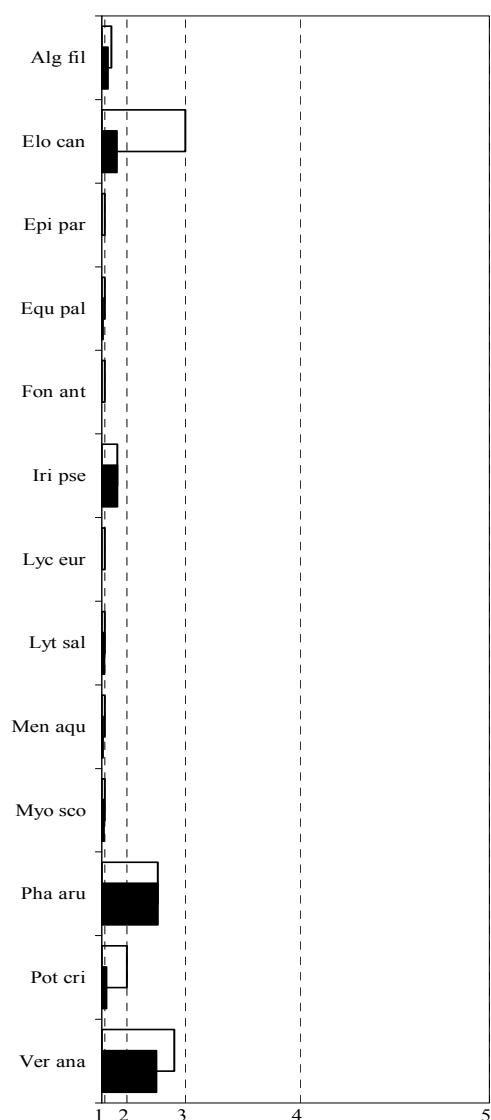
#### 6.4.1.4 Kodeljevec



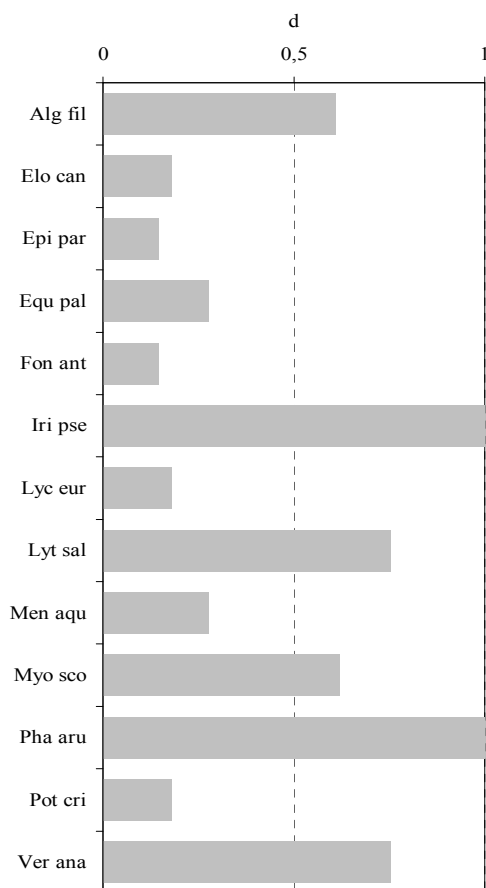
Slika 58: Razporeditev in pogostost makrofitov v Kodeljevcu



Slika 59: Relativna rastlinska masa (RPM) makrofitov v Kodeljevcu



Slika 60: Povprečni masni indeks posameznih taksonov v Kodeljevcu (črne oznake – MMT, bele oznake – MMO)

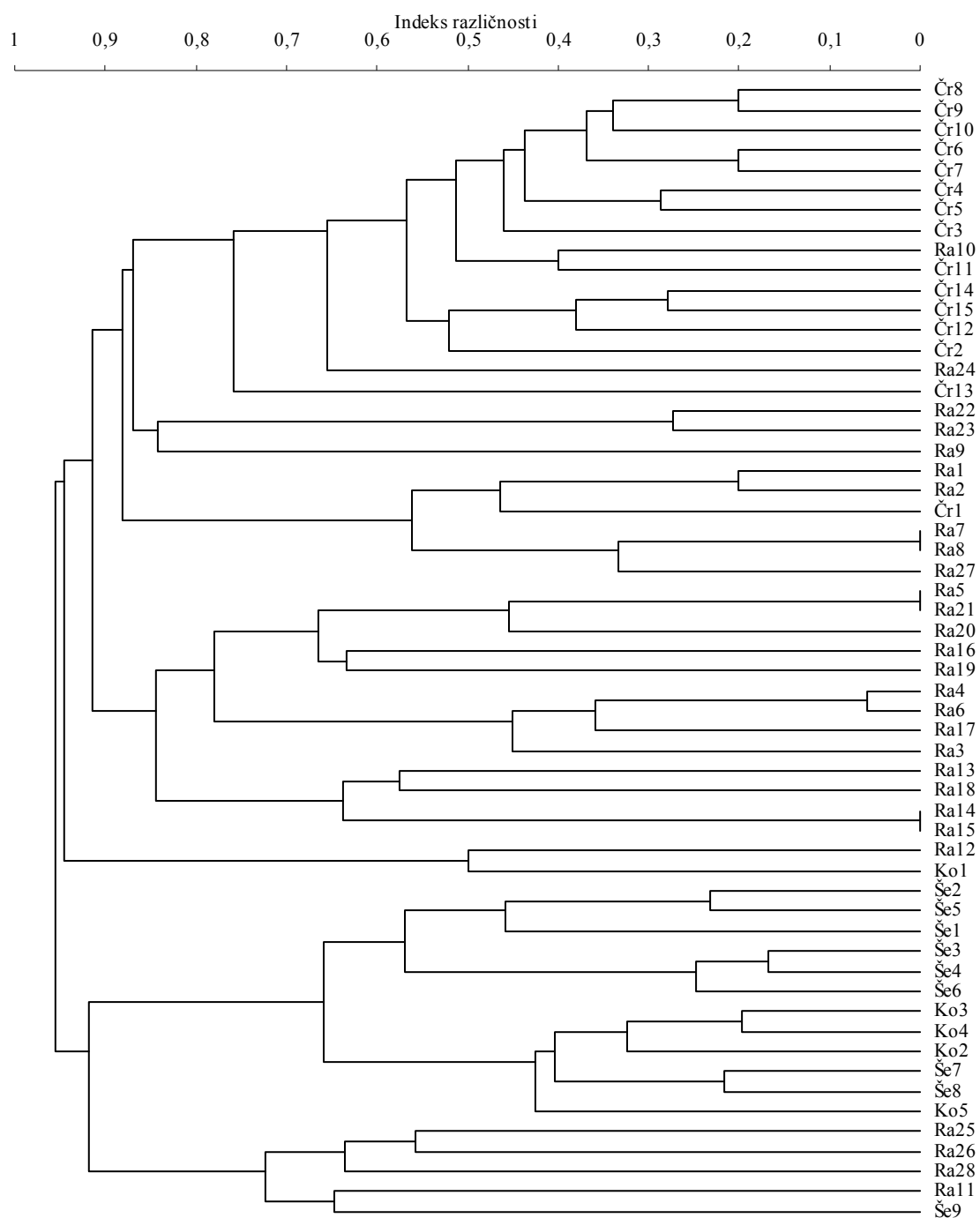


Slika 61: Razmerje povprečnih masnih indeksov MMT in MMO v Kodeljevcu

V Kodeljevcu smo popisali 13 vrst makrofitov. Največ vrst je bilo prisotnih v zadnjem odseku (10 vrst), v drugem 9 vrst in v tretjem 8. Najvišjo relativno maso (RPM, slika 59) imata vrsti *Phalaris arundinacea* (32%) in *Veronica anagallis-aquatica* (31%), sledita vrsti *Iris pseudacorus* in *Elodea canadensis* z 9%. Najvišji povprečni masni indeks vrste v odsekih, kjer se vrsta pojavlja (MMO, slika 60) doseže vrsta *Elodea canadensis*, sledita ji

vrsti *Veronica anagallis-aquatica* in *Phalaris arundinacea*. Vrsti *Iris pseudacorus* in *Phalaris arundinacea* sta prisotni v vseh odsekih (d=1), sledijo *Lythrum salicaria*, *Veronica anagallis-aquatica* in *Myosotis scorpioides* (d=0,6). Vrste *Potamogeton crispus*, *Epilobium parviflorum* in *Fontinalis antypiretica* so bili prisotni samo v enem odseku (slika 61). Makrofiti so v Kodeljevcu dokaj pogosti.

### 6.4.2 Primerjava pogostosti in prisotnosti makrofitov med odseki vseh vodotokov



Slika 62: Dendrogram Bray-Curtisovega indeksa različnosti med odseki vodotokov glede na prisotnost in pogostost vrst

Dendrogram Bray-Curtisovega indeksa različnosti (slika 62) glede na prisotnost in pogostost vrst (priloge od G1 do G4) prikazuje 57 odsekov štirih vodotokov. Na

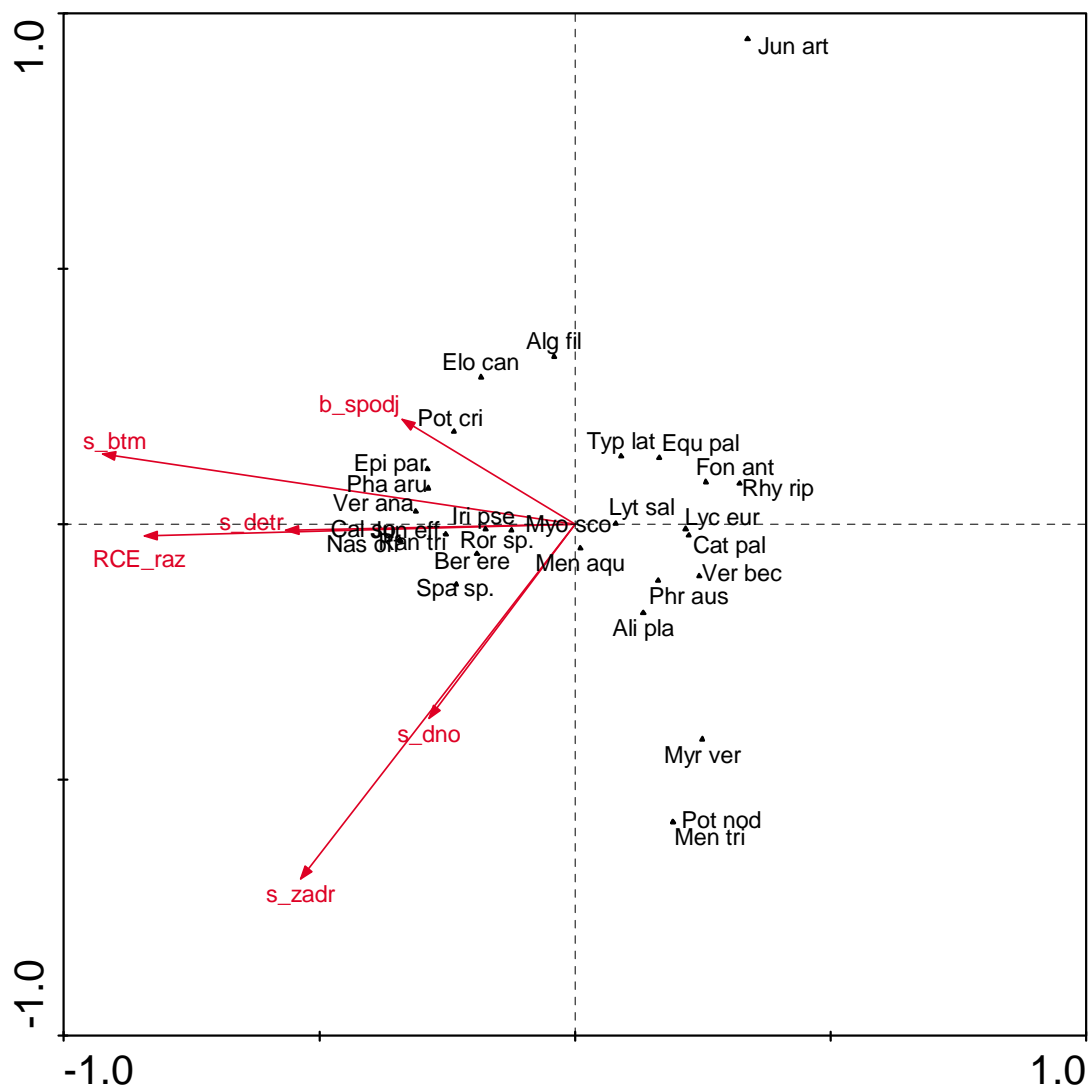
dendrogramu lahko opazimo razporeditev odsekov v devet skupin. V prvi skupini se nahajajo vsi odseki Črnega potoka razen prvega, skupaj z desetim in štiriindvajsetim odsekom Rašice (Ra10, Ra24), v drugi večji skupini pa so vsi odseki Šentpavelščice in Kodeljevca z izjemo prvega odseka Kodeljevca (Ko1) in devetega Šentpavelščice (Še9). Iz tega lahko sklepamo, da sta si glede na prisotnost in pogostost vrst med seboj podobna vodotoka Rašica in Črni potok, na drugi strani pa Šentpavelščica in Kodeljevec. Tretjo skupino tvori pet odsekov Rašice (Ra1, Ra2, Ra7, Ra8, Ra27) in prvi odsek Črnega potoka (Čr1). Za te odseke je značilna velika zasenčenost struge, saj vodotoka na teh delih tečeta skozi gozd. Štiri skupine tvorijo le odseki Rašice. In sicer prvo skupino tvorijo odseki: Ra13, Ra14, Ra15 in Ra18, drugo Ra5, Ra16, Ra19, Ra20 in Ra21, tretjo Ra3, Ra4, Ra6 in Ra17 in četrto odseki Ra9, Ra22 in Ra23. Predzadnjo skupino tvorijo odseki Rašice (Ra11, Ra25, Ra26, Ra28) in deveti odsek Šentpavelščice (Še9), zadnjo pa dvanajsti odsek Rašice (Ra12) in prvi Kodeljevca (Ko1).

### 6.4.3 Kanonična korespondenčna analiza (CCA)

Pri kanonični analizi, kjer smo raziskovali povezanost med okoljskimi spremenljivkami ter pojavljanjem in razporeditvijo vrst, smo poleg spremenljivke RCE kakovostnih razredov uporabili le pet dejavnikov okolja: zadrževalne strukture v strugi, spodjedanje brega, dno vodotoka, pojavljanje brzic, tolmunov in meandrov ter detrit. V CCA analizi, kjer smo iskali povezavo med izbranimi fizikalnimi in kemijskimi parametri ter pojavljanjem in razporeditvijo vrst, pa smo uporabili le dva od šestih izbranih fizikalnih in kemijskih parametrov. To sta bila koncentracija nitratnih ionov in elektroprevodnost. Vse ostale dejavnike okolja (izraba tal za obrežnim pasom, širina obrežnega pasu, sklenjenost obrežne vegetacije, vegetacija obrežnega pasu, oblika struge, usedline v strugi, struktura rečnega brega) ter fizikalne in kemijske parametre (temperatura vode, koncentracija kisika, nasičenost s kisikom, pH, koncentracija ortofosfatov) smo z metodo izbiranja (»forward selection«) izločili. Na ta način smo v analizo vključili samo statistično značilne spremenljivke ( $P \leq 0,1$ ) ter tako izločili del variance, ki ga spremenljivke pojasnjujejo zaradi naključja (prilogi H1 in H3).

Vrste, ki se nahajajo v sredini diagrama, so prisotne pri srednjih vrednostih merjenih parametrov, ali pa so te vrste evrivalentne za parametre, ki pojasnjujejo razporeditev vrst vzdolž prvih dveh osi. Če je med vektorji, ki prikazujejo okoljske spremenljivke, oster kot, je korelacija med okoljskimi spremenljivkami pozitivna, če je kot top, je negativna. Najslabše stanje dejavnika (oz. najvišja izmerjena vrednost fizikalnega in kemijskega parametra) na ordinacijskem diagramu prikazuje konec vektorja. Najboljše stanje dejavnika (oz. najnižja izmerjena vrednost fizikalnega in kemijskega parametra) je v točki, ki je zrcalna slika konca vektorja čez središče diagrama.

### 6.4.3.1 Kanonična korespondenčna analiza relacije takson – okoljski parametri



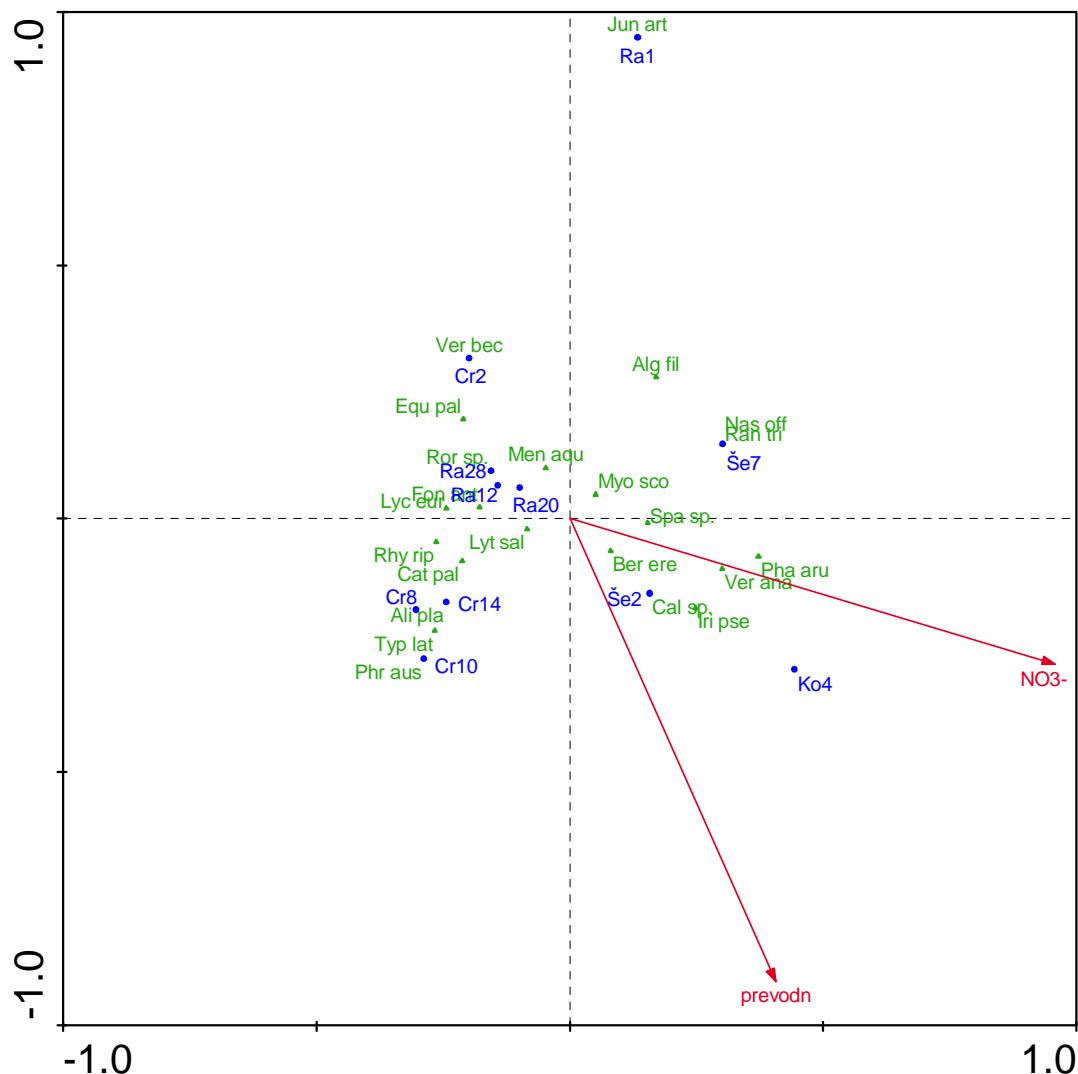
Slika 63: Ordinacijski diagram z izbranimi dejavniki okolja in makrofitskimi taksoni

Pri vsakem okoljskem dejavniku smo ob popisu izbrali eno od štirih možnih stanj dejavnika. Vsakemu od štirih stanj določenega okoljskega dejavnika je dodeljena določena vrednost. Najvišjo lastno vrednost in najmočnejšo smer gradienta ima prva os (0,548). S prvo osjo smo pojasnili 12,7% variance matrike taksonov in z drugo 4,8% variance matrike taksonov (Priloga H2). Iz ordinacijskega diagrama (slika 63) so razvidni dejavniki okolja, velikosti njihovih vplivov, pa tudi vpliv dejavnikov na pojavljanje določenega taksona.



Okoljski dejavniki z največjim vplivom so RCE kakovostni razred (RCE\_raz), zadrževalne strukture v strugi (s\_zadr) ter pojavljanje brzic, tolmunov in meandrov (s\_btm). Taksoni, ki so si na diagramu blizu, se pojavljajo na mestih, kjer so okoljske razmere enake ali podobne oz. so mesta dobila podobno širšo okoljsko oceno. Na grafu opazimo, da se vse rastlinske vrste, razen ene, pojavljajo v sredini diagrama. Iz tega lahko sklepamo, da te rastline najbolj uspevajo pri srednjih vrednostih okoljskih parametrov, ki smo jih upoštevali, ali pa so tu evrivalentne. Taksoni, ki se nahajajo na levi strani diagrama, npr. Nas off (*Nasturtium officinale*) in Ver ana (*Veronica anagallis-aquatica*) preferirajo območja, uvrščena v nižje RCE kakovostne razrede, taksona Lyc eur (*Lycopus europaeus*) in Cat pal (*Caltha palustris*) pa območja uvrščena v višje RCE kakovostne razrede.

### 6.4.3.2 Kanonična korespondenčna analiza relacije takson – fizikalni in kemijski parametri



Slika 64: Ordinacijski diagram z izbranimi fizikalnimi in kemijskimi parametri, makrofitnimi taksoni ter odseki vodotokov

Iz drugega ordinacijskega diagrama (slika 64) so razvidni fizikalni in kemijski parametri, ter velikosti njihovih vplivov. Odseki, ki so v diagramu blizu skupaj, so si podobni po vrstni sestavi, po koncentraciji nitratov in elektroprevodnosti vode. Za odseke, ki so daleč narazen, velja ravno obratno. Tudi na tem diagramu so rastlinske vrste skoncentrirane na sredini diagrama in s tem kažejo na to, da najbolje uspevajo pri srednjih vrednostih upoštevanih fizikalnih in kemijskih parametrov ali pa so zanje evrivalentne. Na diagramu

opazimo le manjše odmike od središča. Tako se npr. vrsti Pha aru (*Phalaris arundinacea*) in Ver ana (*Veronica anagallis-aquatica*) nahajata na desni strani diagrama in se tako pojavljata na območjih, z višjimi koncentracijami nitratnih ionov, obratno pa bi lahko trdili za vrsti Equ pal (*Equisetum palustre*) in Lyc eur (*Lycopus europaeus*).

## 7 RAZPRAVA

### 7.1 FIZIKALNE IN KEMIJSKE ZNAČILNOSTI VODOTOKA

Vodotoki, ki smo jih vključili v raziskavo, ležijo na dveh različnih območjih. Te razlike se lepo kažejo v rezultatih fizikalnih in kemijskih meritev. Poleg tega pa nam meritve potrjujejo sezonske spremembe v vodotokih.

Meritve temperature so pokazale, da se temperatura vode znotraj vodotoka ne spreminja bistveno. Temperatura vode je najnižja pozimi in najvišja poleti, opazimo pa tudi rahlo naraščanje temperature po toku navzdol. Temperatura različnih habitatov v vodotokih, ki so med seboj lahko oddaljeni le nekaj metrov, je lahko zelo različna, predvsem v vodotokih na aluvialnih nanosih je lahko voda zaradi vdora podtalne vode, poleti nekaj stopinj hladnejša, pozimi pa nekaj stopinj toplejša (Hauer in Hill, 1996). To dejstvo najverjetneje pojasnjuje manjše razlike med zimskimi in poletnimi temperaturami na vodotoku Šentpavelščica, v primerjavi z drugimi vodotoki. Tudi na drugem odseku Črnega potoka smo pozimi izmerili relativno visoko temperaturo vode. Razlog za to je v lokaciji vzorčnega mesta. Ta se nahaja nekaj 100 m pod izviro in ker je temperatura talne vode stalna in je ob površinskih izvirih približno enaka povprečni letni zračni temperaturi kraja (Urbanič in Toman, 2003), zvišano temperaturo zlahka pojasnimo.

Koncentracija kisika v vodi, se spreminja v odvisnosti od temperature, zračnega tlaka, v vodi raztopljenih snovi, turbulence vodnega toka ter respiratorne aktivnosti primarnih producentov ter respiratorne aktivnosti življenjske združbe (Wetzel in Likens, 1991). Ker z višanjem temperature pada koncentracija raztopljenega kisika, smo poleti izmerili nižje vrednosti kot pozimi. V Rašici in Črnem potoku smo izmerili nekoliko višje vrednosti, saj je zanj značilen bolj turbulenten tok in večja zaraščenost brega, v primerjavi s Šentpavelščico in Kodeljvcem. Odstotek nasičenosti s kisikom lahko presega 100%, če je primarna produkcija v vodi večja od respiracije – govorimo o biogenem prezračevanju. Vrednosti višje od 100% smo izmerili kar nekajkrat, predvsem izstopata odseka Ra20 in Ra28.

Z dotokom hranil se poveča količina ionov, s tem se viša tudi električna prevodnost (Wetzel in Likens, 1991). Najvišje vrednosti smo izmerili jeseni oz. pozimi, saj je takrat zaradi nizkih temperatur bioprodukcija relativno nizka. Vrednosti so bile med 390 in 541  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , kar kaže na zmerno obremenjenost s hranili. Opazimo trend zviševanja električne prevodnosti po toku navzdol, kar je verjetno posledica izpiranja hranil v vodo.

Na pH v vodah vpliva geološka podlaga, po kateri teče voda, sestava sedimentov, puferska kapaciteta in aktivnost organizmov. pH se lahko lokalno zelo spreminja, saj je močno odvisen od fotosintezne aktivnosti makrofitov. Zaradi visoke fotosintezne aktivnosti vodnih rastlin se pH lahko zviša. Najnižje vrednosti smo izmerili v Šentpavelščici in Kodeljencu, višje v Rašici in Črnem potoku. Vrednosti višje od 8,5 so pogoste v evtrofnih sistemih. Tako visoke vrednosti opazimo v Črnem potoku in Rašici, medtem ko te vrednosti ostala dva vodotoka ne presežeta.

V neobremenjenih vodah so sezonske spremembe nitratov posledica primarne produkcije in odmiranja organizmov, vendar vrednosti navadno ne presežejo 1mg/l (Urbanič in Toman, 2003). Koncentracije nad to mejo kažejo na kmetijsko rabo površin ob vodotoku. Pri vzorcih smo opazili velike razlike v koncentraciji nitratov med posameznimi vodotoki. Z višjimi vrednostmi pričakovano izstopata Šentpavelščica in Kodeljevec, saj prečkata močno gnojene kmetijske površine. Zaledje Rašice in Črnega potoka je zaradi mokrotnosti terena manj primerno za kmetijsko obdelavo, kar se odraža v manjši koncentraciji nitratov. Glede na to, da so nitrati potrebna hranilna snov za fotoavtotrofne organizme, bi pričakovali manjše koncentracije poleti, saj je takrat bioprodukcija največja. Rezultati vzorčenja so ravno to tudi pokazali. Z izjemo Kodeljevca, so bile na vseh vodotokih najnižje koncentracije izmerjene poleti. Najvišje vrednosti smo izmerili jeseni v Šentpavelščici. Zaradi obilnega deževja nekaj dni pred meritvijo, je vodotok prestopil bregove in poplavlil okoliške travnike. Ob vračanju vode v strugo so se spirale kmetijske površine, kar je verjetno povzročilo zvišanje vsebnosti nitratov v vzorcu. Poleg spiranja je k dodatnemu povišanju lahko pripomogla tudi razgradnja organskega materiala na poplavljenih travnikih.

Fosfor je v vodi redko prisoten v višjih koncentracijah, predvsem zaradi aktivnega privzemanja primarnih producentov. V neobremenjenih vodotokih koncentracije ne presegajo vrednosti 0,1 mg/l. V vodotokih, ki tečejo skozi ekstenzivna kmetijska območja, se vrednosti povzpnejo na 0,25 mg/l. Višje vrednosti opazimo pri vzorcih vode iz Črnega potoka, Šentpavelščice in Kodeljevca. Pri posameznih meritvah na teh vodotokih izmerimo tudi vrednost nad 0,1 mg/l. Izstopa vrednost izmerjena poleti na dvanajstem odseku Rašice. Vzrok za povišanje bi lahko bil vtok komunalne odpadne vode, saj se vzorčno mesto nahaja v bližini hiš. Glede na to, da nismo niti v jesenski, niti v zimski meritvi na tem mestu izmerili tako visoke koncentracije, ne smemo izključiti možnosti napake pri analizi.

## 7.2 ŠIRŠA OKOLJSKA OCENA

Zaradi pomanjkanja zadrževalnih struktur v strugi, umetno utrjenega brega, dna iz rahlo sprijetega peska in na nekaterih mestih pogostih prekinitev sklenjenosti obrežne vegetacije, se je večina odsekov Rašice uvrstila v tretji RCE kakovostni razred. Peščen ali muljast sediment je značilen za nižinske vodotoke (Dobson in Frid, 1998), vendar so v RCE metodi take razmere ovrednotene kot močno spremenjeno stanje. Zaradi tega se je območje med Ra12 in Ra19 uvrstilo v tretji RCE kakovostni razred, čeprav je tu prevladovalo zaledje močvirskih rastlin. Odseki Ra10 in Ra27 so se uvrstili v prvi RCE kakovostni razred, saj je vodotok na tem delu prečkal sklenjen gozd. V četrti RCE kakovostni razred sta se uvrstila odseka Ra3 in Ra28. Nižje število točk v teh dveh odsekih je bilo posledica kmetijskih površin v zaledju in pogostih prekinitev obrežne vegetacije. V najslabši, peti RCE kakovostni razred, se je uvrstil odsek Ra4, kjer Rašica prečka vas Dolščaki. Vodotok je tu kanaliziran, zaradi česar je prejel manjše število točk.

Odsek kjer Črni potok teče skozi gozd (Čr1) smo uvrstili v prvi RCE kakovostni razred, kjer prečka močvirje (Čr10) pa v drugi RCE kakovostni razred. Bregove vodotoka na območju med sedmim in desetim odsekom ter odseka Čr13 in Čr15 tudi obdaja močvirje, vendar so se zaradi pomanjkanja zadrževalnih struktur v strugi in muljastega dna uvrstili v tretji RCE kakovostni razred. Ostali odseki so se uvrstili v četrti RCE kakovostni razred, saj se tam v zaledju nahajajo kmetijske površine ali posamezne hiše.

V Šentpavelščici je zadrževalnih struktur malo, prisotno je močno spodjedanje brega, lesnih vrst na obrežju skoraj ni, saj vodotok prečka obdelovalne površine in je zato obrežni pas pokošen. Vodotoku smo v vseh kategorijah pripisali slabše oz. najslabše stanje, zato se je Šentpavelščica uvrstila v najslabši peti RCE kakovostni razred.

Kodeljevec izvira v gozdu, zato breg prvega odseka obdaja mešan gozd, kar ga je uvrstilo v tretji RCE kakovostni razred. V ostalih odsekih v zaledju prevladujejo obdelovalne površine, kjer pa so na bregu posamezne hiše je še dodatno znižalo število točk, zato smo tam vodotok uvrstili v peti RCE kakovostni razred.

Ker v Rašici in Črnem potoku prihaja do senčenja z obrežnimi rastlinami in zaradi neustreznega substrata, je v odsekih, ki spadajo v višje RCE kakovostne razrede uspevanje makrofitov onemogočeno. Poleg tega pa je zamuljenost nižinskih vodotokov, ki omogoča zakoreninjenje mnogim vrstam makrofitov, obravnavana kot spremenjeno stanje in je zato nižje ovrednoteno.

Na elektronskem Interaktivnem naravovarstvenem atlasu so nam bili na voljo podatki o kategorizaciji Rašice in Črnega potoka. Večina obeh vodotokov je bila v študiji Kategorizacije pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu uvrščenih v drugi kakovostni razred. Mi smo večina odsekov uvrstili v tretji RCE kakovostni razred. Do razlike v rezultatih je prišlo zato, ker je študija, ki jo je izvedla Agencija RS za okolje in prostor, upoštevala poleg ekomorfoloških še druge značilnosti vodotoka. Ocenjevala je npr. tudi krajinske značilnosti in naravno dediščino.

### 7.3 MAKROFITI

#### 7.3.1 Vrstna sestava in pojavljanje makrofitov

Rašica je močno zasenčen vodotok, kar se odraža tudi v številu in diverziteti makrofitov, ki jih najdemo v ali ob njeni strugi. Mahovi, tolerantni na nizke intenzitete svetlobe, so pogosto edini makrofiti v zasenčenih delih vodotokov (Boulton in Brock, 1999), kar nam potrjuje tudi nekaj odsekov na Rašici. Poleg zasenčenosti struge pripomore k manjšem

pojavljanju makrofitov tudi sestava sedimenta (skale, prod), ki ne nudijo ugodne podlage za pritrjanje makrofitov. Pred Trubarjevo domačijo v vasi Rašica, se zaradi zajezitve vodni tok upočasni, struga pa razširi in poglobi. Spremenjene razmere nudijo ugodne rastne pogoje za nekaj vrst makrofitov, ki jih na drugih odsekih ne najdemo. To sta vrsti: *Menyanthes trifoliata* in *Potamogeton nodosus*. V strugi zadnjega odseka se pojavlja predstavnik rodu *Rorippa*. Tu je vodotok manj vodnat, v sušnih obdobjih se tudi izsuši, kar ustvarja pogoje za uspevanje tega taksona.

Tako kot Rašica je tudi Črni potok dokaj zasenčen vodotok, dno je večinoma pokrito s skalami in prodom, poleg tega pa je prisoten še hiter vodni tok. Več makrofitov je namreč v vodotokih s počasnejšim tokom in manj v vodotokih s hitrim tokom (Haslam, 1987). Da so ozki vodotoki, obraščeni z obrežnimi rastlinami, navadno porasli le z emerznimi rastlinami (Gaberščik, 1997), lahko potrdimo s primerom Črnega potoka. Razen mahov in vrste *Berula erecta* so vsi makrofiti helofiti. V Rašici se namreč pojavljajo tudi odseki s počasnejšim tokom in manj zasenčeno strugo, v Črnem potoku pa takih odsekov ni. Vrsto *Veronica beccabunga* najdemo tako v Črnem potoku kot tudi v Rašici, v ostalih dveh vodotokih pa se pojavi druga vrsta jetičnika, in sicer *Veronica anagallis-aquatica*. Avtorji Male flore Slovenije navajajo (Martinčič in sod., 1999), da se vrsta *Veronica beccabunga* pojavlja v hitro tekočih vodah, vrsta *Veronica anagallis-aquatica* pa v vodotokih s počasnejšo oz. stoječo vodo. Taki pogoji so bili prisotni tudi v naših vodotokih, saj imata Rašica in Črni potok hitrejši tok, Šentpavelščica in Kodeljevec pa zelo počasen vodni tok.

V Šentpavelščici smo popisali relativno veliko število vrst makrofitov, glede na to, da je dolga le nekaj več kot 4 km. Našli smo kar 19 različnih vrst. Izpolnjuje namreč vse pogoje, ki jih makrofiti potrebujejo za svojo rast. Lesnatih obrežnih rastlin skoraj ni, dno je pokrito s peskom in drobnim anorganskim materialom, hitrost vodnega toka je majhna, na nekaterih mestih voda celo stoji. Z makrofiti je močno poraščena že od svojega izvira, kar še dodatno znižuje hitrost vodnega toka. Na uspevanje makrofitov ugodno vpliva tudi višja temperatura vode pozimi, saj preprečuje nastanek ledu in s tem poškodbe rastlin. Zelo pogoste so vrste *Berula erecta*, *Veronica anagallis-aquatica*, *Mentha aquatica*, *Lythrum salicaria* ter predstavniki rodov *Sparganium* in *Callitriche*. Vsi se namreč pojavljajo v več kot polovici odsekov. Vrsta *Veronica anagallis-aquatica* je amfibijska rastlina, ki lahko



uspeva tako v vodi kot na kopnem, običajno pa v plitvi vodi z zgornjim delom dvignjenim nad vodno gladino (Hutchinson, 1975). Popisali smo tudi 3 vrste in predstavnika rodu, ki v drugih vodotokih niso bili prisotni. To so: *Juncus effusus*, *Nasturtium officinale* in *Ranunculus trichophyllus* ter *Callitriche* sp. Za vrsto *Nasturtium officinale* je značilno, da slabo prenaša senco (Haslam, 1987), kar je verjetno razlog, da je v drugih vodotokih nismo našli. V zadnjem odseku voda v sušnejših obdobjih presahne, zato tam nismo našli pravih vodnih rastlin pač pa le helofite.

Kodeljevec ima nekoliko bolj razvit obrežni pas kot Šentpavelščica, drugače pa imata dokaj podobne habitatne parametre. Tudi tu prevladuje pesek in droben anorganski material, vodni tok je počasen, struga je nekoliko ožja. Makrofiti so dokaj pogosti, vendar je število vrst manjše kot v Šentpavelščici. Najpogostejši vrsti sta *Phalaris arundinacea* in *Iris pseudacorus* saj sta prisotni v vseh odsekih, zelo pogosta je tudi vrsta *Veronica anagallis-aquatica*, ki se pojavlja v velikih količinah v skoraj vseh odsekih. Zasledimo vrsto *Elodea canadensis*, ki je nismo našli v ostalih vodotokih. Z visokim povprečnim indeksom se pojavi v zadnjem odseku, kjer se potok Kodeljevec izliva v Temenico. Je šibko ukoreninjena, zato jo najdemo v počasi tekočih vodah, ustreza pa ji zamuljeno dno (Madsen in Adams, 1989). Zanj je značilno, da se razmnožuje iz fragmentov stebel in tako preživi zimo (Nichols in Shaw, 1986).

## 7.2.2 Makrofiti in kakovost vode

Makrofiti so se v Rašici in Črnem potoku pojavljali preveč poredko, da bi nam lahko služili kot dobri indikatorski organizmi. Zaradi velikega senčenja obrežnih rastlin je bilo uspevanje vodnih rastlin oteženo. V Rašici in Črnem potoku najdemo mahove, vrste *Caltha palustris* in *Equisetum palustre*, ki so značilni za habitate revne s hranili; taksone *Berula erecta*, *Mentha aquatica*, *Myosotis scorpioides*, *Veronica beccabunga*, *Iris pseudacorus* in predstavnika rodu *Sparganium*, ki so značilni za habitate srednje bogate s hranili; pojavljajo pa se tudi taksoni, ki nakazujejo habitate bogate s hranili (vrste *Alisma plantago-aquatica*, *Typha latifolia*, *Rorippa* sp., nitaste alge). Glede na vrste, ki se pojavijo na območjih kjer je struga manj zasenčena, bi lahko sklepali, da sta vodotoka Rašica in Črni potok srednje do zelo obremenjena s hranili.

V Kodeljevcu in predvsem v Šentpavelščici so makrofiti prisotni v velikih količinah. Zaradi razmer, ki so ugodne za uspevanje makrofitov, je njihova indikatorska vrednost večja. V Šentpavelščici se pojavljajo vrste *Callitriche* sp., *Berula erecta*, *Mentha aquatica*, *Myosotis scorpioides*, *Veronica anagallis-aquatica*, *Iris pseudacorus*, ki so značilne za habitate srednje bogate s hranili in vrste značilne za habitate bogate s hranili: *Potamogeton crispus*, *Alisma plantago-aquatica*, *Typha latifolia*. V Kodeljevcu se pojavi tudi vrsta *Elodea canadensis*, ki je značilna za habitate bogate s hranili. Vrste značilne za vode obremenjene s hranili se v Šentpavelščici pojavijo že pri izviro. To kaže, da je obsežno kraško zaledje vir hranil. Za oba vodotoka bi lahko, glede na pojavljanje določenih vrst, sklepali, da gre za habitata, ki sta srednje do zelo bogata s hranili, kar so potrdile tudi fizikalno-kemijske analize.

## 8 SKLEPI

Rašica, Črni potok, Šentpavelščica in Kodeljevec se med seboj razlikujejo po številu vrst in pogostosti prisotnih makrofitov. Makrofiti so najbolj pogosti v tistih vodotokih oz. delih vodotokov, za katere je značilen počasen vodni tok, droben in stabilen substrat, velika količina raztopljenih hranil v vodi in ne prevelika zasenčenost rečne struge z obrežnimi rastlinami.

Med vodotoki je po številu vrst in rastlinski biomasii vodnih rastlin izstopala Šentpavelščica. Razlog za to je sediment, ki ga sestavljata pesek in droben anorganski material, počasen vodni tok, visoka vsebnost hranil v vodi, dobra osvetljenost struge vodotoka in relativno majhna nihanja temperature vode.

V Rašici se večje število makrofitov pojavi le na mestih, kjer se struga vodotoka razširi oz. tam kjer je senčenje obrežnega rastlinstva manjše. Tako kot Rašica ima tudi Črni potok majhno število makrofitov, saj hiter vodni tok, prodnat substrat in zasenčenost z lesnimi rastlinami preprečujejo njihovo uspevanje. Kodeljevec je kratek vodotok, v katerem so zaradi visoke vsebnosti hranil in ne prevelikega senčenja obrežnega rastlinstva makrofiti dokaj pogosti, vendar je vrstna pestrost manjša kot v Šentpavelščici.

Glede na prisotnost določenih taksonov v vodotokih, smo ugotovili, da sta Šentpavelščica in Kodeljevec srednje do zelo bogata s hranili, kar smo dokazali tudi s fizikalno-kemijskimi analizami.

Širša okoljska ocena je pokazala, da sta Rašica in Črni potok v boljšem stanju kot Kodeljevec in Šentpavelščica. Razlika je predvsem v sestavi obrežne vegetacije, saj so ob Rašici in Črnem potoku lesne rastline pogoste, medtem ko jih pri ostalih dveh skoraj ne najdemo. Glede na to, da smo največ makrofitov našli v Šentpavelščici, ki smo jo uvrstili v najslabši peti RCE kakovostni razred, se vzorec pojavljanja makrofitov ne ujema s stanjem vodnega okolja.

## 9 POVZETEK

V nalogi smo želeli ugotoviti, kakšno je pojavljanje, razporeditev in pogostost makrofitov v vodotokih Rašica, Črni potok, Šentpavelščica in Kodeljevec. Zanimalo nas je tudi, kako na pojavljanje makrofitov vplivajo fizikalni in kemijski dejavniki, kakšna je povezava med okoljskimi razmerami in pojavljanjem makrofitov ter kakšno je stanje širšega vodnega okolja.

Vzdolž vodotokov smo popisali makrofitske vrste, ocenili njihovo pogostost po pet stopenjski lestvici in določili njihove rastne oblike. Širše okolje smo ocenili s po Petersonu prirejeno RCE metodo (Germ in sod., 2003), s katero smo ovrednotili 12 značilnosti vodotoka, značilnosti habitata pa smo opredelili po klasifikaciji, ki jo opredeljuje Janauer (2002). Na enajstih vzorčnih mestih smo trikrat (avgusta, oktobra in januarja) opravili meritve: temperature, koncentracije kisika, nasičenosti s kisikom, pH, elektroprevodnosti in analize koncentracije nitratnih in fosfatnih ionov.

Na vseh vodotokih skupaj smo popisali 30 različnih rastlinskih vrst. Največ vrst je bilo prisotnih v Rašici (20 vrst), glede na dolžino je vrstno najbogatejša Šentpavelščica (19 vrst na dobrih 4-ih km). Na podlagi ocene širšega vodnega okolja spada večji del Rašice v tretji RCE kakovostni razred, večina odsekov Črnega potoka v tretji oz. četrti RCE kakovostni razred, vsi odseki Šentpavelščice v najslabši peti RCE kakovostni razred, odseki Kodeljevca pa so se uvrstili v četrti oz. peti RCE kakovostni razred. Z oceno habitatnih parametrov smo ugotovili, da sta si po sestavi sedimenta podobna Rašica in Črni potok kjer prevladujejo skale in prod, ter na drugi strani Šentpavelščica in Kodeljevec, kjer prevladujeta pesek in droben anorganski material. Fizikalne in kemijske analize vode so pokazale razlike v obremenjenosti s hranili med posameznimi vodotoki. V Šentpavelščici in Kodeljevcu so prisotne precej višje vrednosti nitratov in ortofosfatnih ionov v primerjavi z drugima dvema vodotokoma. Na višjo obremenjenost Šentpavelščice in Kodeljevca s hranili so pokazali tudi makrofiti, saj nekatere vrste, ki tam uspevajo, ponavadi najdemo v vodotokih bogatih s hranili.

## 10 VIRI

Allan J.D. 1995. Stream ecology. London, Chapman & Hall: 388 str.

Baatrup-Pedersen A., Riis T. 1999. Macrophyte diversity and composition in relation to substratum characteristics in regulated and unregulated Danish streams. *Freshwater Biology*, 45: 201-218

Barendregt A. Bio A.M.F., 2003. Relevant variables to predict macrophyte communities in running waters. *Ecological Modelling*, 160, 3, 1: 205-217

Barko J.W., Gunnison D., Carpenter S.R. 1991. Sediment interactions with submersed macrophyte growth and community dynamics. *Aquatic Botany*, 41: 41-65.

Bornette G., Amoros C., Chessel D. 1994. Effect of allogenic processes on successional rates in former river channels. *Journal of Vegetation Science* 5: 237-246

Boulton A.J., Brock M.A. 1999. Australian Freshwater Ecology: Processes and Management. Adelaide, Gleneagles Publishing: 300 str.

Boulton, A.J., Brock, M. A. 2001. Processes in temporary wetlands. *Australian Freshwater Ecology. Processes and Management*: 149-166

Bowes G., Salvucci M.E. 1989. Plasticity in the photosynthetic carbon metabolism of submersed aquatic macrophytes. *Aquatic botany*, 34, 1-3: 233-266

Bratina Jurkovič N. 1999. Vrednotenje krajinskih značilnosti vodotokov v Sloveniji: magistrsko delo. Ljubljana. Biotehniška fakulteta: 140 str.

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

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). [http://reports.eea.europa.eu/COR0-part1/en/land\\_coverPart1.pdf](http://reports.eea.europa.eu/COR0-part1/en/land_coverPart1.pdf) (21.11.2006)

Cronk J.K., Fennessy M.S. 2001. Wetland plants: biology and ecology. Lewis Publishers: 462 str.

Červenka M., Feráková V., Haber M., Kresánek J., Pačlová L., Peciar V., Šomšák L., Krejča J. 1988. Rastlinski svet Evrope. Ljubljana, Mladinska knjiga: 374 str.

Directive 2000/60/EC of the European Parliament and the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy. (Direktiva 2000/60/EC Evropskega Parlamenta in Sveta z dne 23 oktobra 2000, ki določa okvir za delovanje Skupnosti na področju vodne politike): 38 str.

Dobson M., Frid C. 1998. Ecology of Aquatic Systems. Essex: Addison Wesley Longman Limited: 222 str.

Dykyová D., Úlehová B. 1998. Mineral economy and cycling of minerals in wetlands. V: The Production Ecology of Wetlands. Westlake D.F., Květ J., Szczepański A. (eds.). Cambridge university press: 319-366

Fox, A.M. 1992. Macrophytes. V: The Rivers Handbook. Calow P., Petts E. G. (eds.). Blackwell Science: 216-233

Gaberščik A. 1997. Makrofiti in kvaliteta voda. Acta Biologica Slovenica, 41/2-3: 141-148

Gams I. 2003. Kras v Sloveniji v prostoru in času. Ljubljana, ZRC SAZU: 516 str.

Gams I., Vrišer I. 1998. Geografija Slovenije. Ljubljana. Slovenska matica: 120-131.

Germ M. 1997. Makrofiti in kemizem vode v nekaterih slovenskih rekah. Magistrska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 85 str.

Germ M., Dolinšek M., Geberščik A. 2003. Macrophytes of the River Ižica – comparison of species composition and abundance in the years 1996 and 2000. Arch. Hydrobiol. Suppl., 147, 1-2: 181-193.

Germ M., Gaberščik A. 1999. The distribution and abundance of macrophytes of the lowland Ižica river (Slovenia). Acta Biologica Slovenica, 42, 4: 3-11.

Germ M., Gaberščik A., Urban-Berčič O. 1999. Aquatic Macrophytes in the Rivers Sava, Kolpa and Krka. Ichthyos 16, 1: 23-34

Germ M., Gaberščik A., Urban-Berčič O. 2000. The wider environmental assessment of river ecosystems. Acta Biologica Slovenica, 43, 4: 13-19

Germ M., Gaberščik A., Urban-Berčič O. 2006. Na lovu za makrofiti po »zeleni reki«. Proteus, 68, 9-10: 441-445

Giller P., Malmqvist B. 1999. The Biology of Streams and Rivers. Oxford University Press: 272 str.

Haslam S.M. 1987. River Plants of Western Europe: The macrophytic vegetation of watercourses of the European Economic Community. Cambridge University Pres: 512 str.

Haslam, S.M., Sinker, C.A., Wolseley, P.A. 1982. British Water Plants. Field Studies Council, Somerset, England: 108 str.

Hauer R.F., Hill W.R. 1996. Temperature, Light and Oxygen. V: Methods in Stream Ecology. Hauer R.F., Lamberti G.A. (eds.). Academic Press: 93-106

Hill B.H. 1979. Uptake and release of nutrients by aquatic macrophytes. Aquatic Botany, 7: 87-93

Holmes N.T.H. 1999. British river macrophytes perceptions and uses in the 20th century. Aquatic. Conerv: Mar. Freshw. Ecosyst. 9: 535-539

Holmes, M.G., Klein, W.H. 1987. Light and temperature variations in aquatic and terrestrial environments. V: Plant life in Aquatic and Amphibious Habitats. R.M.M. Crawford. Blackwell: 3-22

Hutchinson G.E. 1975. A Treatise on Limnology. Volume 3. Limnological Botany. New York, John Wiley & Sons: 660 str.

Interaktivni naravoslovni atlas. Agencija Republike Slovenije za okolje in prostor. <http://kremen.arso.gov.si/NVatlas/users/login.asp?refurl=%2FNVatlas%2FNewmap%2Easp>

Iversen T.M., Thirup J., Hansen T., Lodal J., Olsen J. 1985. Quantitative estimates and community structure of invertebrates in a macrophyte rich stream. Archiv für Hydrobiologie, 102: 291-301

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/> 8 str.

Jogan N., Kaligarič M., Leskovar I., Seliškar A., Dobravec J. 2004. Habitatni tipi Slovenije HTS 2004, Republika Slovenija, Ministrstvo za okolje, prostor in energijo – Agencija Republike Slovenije za okolje: 64 str.

Jongman R.H.G., Ter Braak C.J.F., van Tongeren O.F.R. 1995. Data analysis and landscape. Cambridge University Press: 321 str.

Kajfež Bogataj L. 2003. Bogastvo vode: tema meseca. Gea 3: 12-17

Kranjc A. 1990. Dolenjski kraški svet. Tiskarna Novo mesto. Dolenjska založba. 240 str.

Kuhar U., Gaberščik A., Germ M., Urbanc-Berčič O. 2004. Macrophytes and ecological status of three streams in the river Drava plain. Internatipnal Association for Danube Research, 35: 441-447

Kuhar U., Gregorc T., Renčelj M., Šraj-Kržič N., Gaberščik A. 2007. Distribution of macrophytes and condition of the physical environment of streams flowing through agricultural landscape in north-eastern Slovenia. *Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters*, In Press, Available online 6 February 2007.

Lauber K., Wagner G. 2001. *Flora Helvetica*. P. Haupt, Bern: 1615 str.

Lean G., Hinrichsen D., Markham A. 1990. *Atlas of the Environment*. Arrow books. 192 str.

Maberly S.C., Spence D.H.N. 1989. Photosynthesis and photorespiration in freshwater organisms: Amphibious plants. *Aquatic botany*, 34, 1-3:167-286

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., Vrhovšek D., Batič F. 1978. Formativno delovanje ekoloških faktorjev. Navodila za vaje iz predmeta Ekologija rastlin. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 26 str.

Martničič 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 str.

Melzer A. 1985. Makrophytische Wasserpflanzen als Bioindikatoren. *Naturwissenschaften* 72: 456-460.

Miklavčič S. 2006. *Kras severozahodne Dolenjske s poudarkom na občini Ivančna Gorica*: diplomsko delo. Ljubljana, Filozofska fakulteta, 106 str.

Moss B. 1998. *Ecology of fresh waters: man and medium, past to future*. 3rd edition. Blackwell Science: 557 str.

Nichols S.A. 1991. The interaction between biology and the management of aquatic macrophytes. *Aquatic Botany* 41: 225-252

Nichols S.A., Shaw B.H. 1986. Ecological life histories of the three aquatic nuisance plants, *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton crispus* and *Elodea canadensis*. *Hydrobiologia*, 131: 3-21

Odum E.P. 1971. *Fundamentals of ecology*. Third edition. W.B. Saunders Company: 574 str.

Oražen Adamič M., Perko D., Kladnik D. 1996. *Priročni krajevni leksikon Slovenije*. Ljubljana, Državna založba Slovenije: 302 str.



Pall K., Janauer G.A. 1995. Die Makrophytenvegetation von Flußstauen am Biespiel der Donau zwischen Fluß-km 2552,0 und 25511,8 in der Bundesrepublik Deutschland. Arch. Hydrbiol., Suppl. 101, Large Rivers, 9, 2: 91-109

Perko D. 1998. Slovenija. Pokrajina in ljudje. Ljubljana, Založba Mladinska knjiga: 735 str.

Petersen R.C.Jr. 1992: The RCE: A Riparian, Channel, and Environmental Inventory for small streams in the agricultural landscape. Freshwater Biology, 27: 295-306

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

Plut D. 1995. Vode v Sloveniji. Epsi: 205 str.

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

Rejic M. 1983. Onesnaževanje in varstvo okolja celinske vode. Ljubljana, VTOZD za biologijo BF: 125 str.

Riis T., Sand-Jensen K., Vestergaard O. 2000. Plant communities in lowland Danish streams: species composition and environmental factors. Aquatic Botany 66: 255-272

Sand-Jensen K. 1989. Environmental variables and their effect on photosynthesis of aquatic plant communities. Aquatic Botany, 34: 5-26

Schneider S., Melzer A. 2004. Sediment and water nutrient characteristics in patches of submerged macrophytes in running waters. Hydrobiologia, 527: 195-207

Slovenija na expo '98. Vode Slovenije. <http://expo98.literal.si/slo/zakladi/vode-slovenije/fra-index.html-l2> (20.12.2006)

Smith R.L., Smith T. M. 1998. Elements of Ecology. Addison Wesley Longman. 555 str.

Spence, D.H.N. 1982. The zonation of freshwater plants. Adv. Ecol. Res., 12: 37-125.

Steinman F. 2000. Direktiva 1999/.../ES Evropskega parlamenta in Sveta o določitvi okvirja za ukrepanje Skupnosti na področju politike do voda. Ljubljana, UL, FGG, Katedra za mehaniko tekočin z laboratorijem: 57 str.

Sweeting R.A. 1994. River pollution. V: Calow, P., Petts G. (ur.). The Rivers Handbook: Hydrological and Ecological Principles. Volume 2. Boston, Blackwell Scientific Publications: 23-32

Szoszkiewicz K., Ferreira T., Korte T., Baattrup-Pedersen A., Davy-Bowker J., O'Hare, M.T. 2006. European river plant communities: the importance of organic pollution and the usefulness of existing macrophyte metrics. *Hydrobiologia* 566: 211-234.

Tarman K. 1999. *Biologija*. 6, *Ekologija*. Ljubljana, DZS: 168 str.

Ter Braak C.J.F. Verdonschot P.F.M., 1995. Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic Sciences*, 57/3: 153-187

Toman M.J. 2000. Freshwater ecology in Slovenia: basic and applied research in the chair of ecology. *Quark*: 82-85.

Trošt Sedej T. 2005. *Ekologija rastlin: priročnik za vaje*. Ljubljana, Študentska založba: 81 str.

Urbanc-Berčič O. 1986. Makrofiti. *Proteus* 49: 62-64

Urbanc-Berčič O. 1993. Pomembne determinante v rečnem ekosistemu. V: Kolokvij »Biološki minimum«. Zbornik referatov. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 7-15

Urbanc-Berčič O. 1993. Sladkovodne rastline, ali jih poznamo? *Biologija v šoli* 1: 26-28

Urbanc-Berčič, O. 1991. Vodne rastline in čiščenje onesnaženih voda. *Življenje in tehnika*, 2: 35-39

Urbanič G. 2004. *Ekologija in razširjenost mladoletnic (Insecta: Trichoptera) v nekaterih vodotokih v Sloveniji: doktorska disertacija*. Ljubljana. Biotehniška fakulteta: 188 str.

Urbanič G., Toman M.J. 2003. *Varstvo celinskih voda*. Ljubljana, Študentska založba: 94 str.

Vidrih M. 2004. *Vezava ogljika v pašeni ruši visokega krasa: doktorska disertacija*. Ljubljana. Biotehniška fakulteta: 102 str.

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

Wetzel R.G. 2001. *Limnology: Lake and River Ecosystems*. Third edition. San Diego, Academic Press: 1006 str.

Wetzel R.G., Likens G.E. 1991. *Limnological Analyses*, 2nd edition. Springer Verlag New York: 391 str.

Zavod za varstvo okolja. Mestna občina Maribor.  
<http://www.maribor.si/zvo/index.php?pg=91> (10.1.2007)

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se prof. dr. Alenki Gaberščik za mentorstvo, vso strokovno pomoč, nasvete in vzpodbude pri delu.

Hvala prof. dr. Mihaelu J. Tomanu in doc. dr. Jerneju Joganu za predloge in popravke, ki so prispevali h končnemu izgledu diplomske naloge.

Zahvaljujem se Urški Kuhar, Nini Kržič in Dragici Luznar za tehnično pomoč in koristne nasvete.

Hvala Tomažu za pomoč pri laboratorijskih analizah, terenskem delu, računalniškem oblikovanju in seveda za podporo in potrpežljivost.

Hvala Andreju za pomoč pri terenskem delu - še posebej za to, da me je izvlekel iz močvirja.

In nenazadnje hvala mami, da mi je omogočila šolanje, mi vedno stala ob strani in me podpirala.

## PRILOGE

Priloga A: Slovenska različica RCE metode (Germ, 2000; Urbanič in Toman, 2003; 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 robatih 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, ...)

Priloga B: Metoda ocene habitata in popisovanja makrofitov (Janauer, 2002)

### **OCENA HABITATA:**

#### **1. STRUKTURA BREGOV**

- 1 – skale, veliki kamni, uporabljeni za stabilizacijo bregov in regulacijo reke, mega-, makro-, mezolital (>6,3 cm)
- 2 – prod (mikrolital in akal, 0,2 – 6,3 cm)
- 3 – pesek (psamal, 0,063 – 0,2 cm)
- 4 – droben anorganski material, pelal (<0,063 cm)
  - 41 – položen breg
  - 42 – strm breg
- 5 – beton ali kak drug umeten material
- 6 – naplavljene nečistoče ali drug organski material

#### **2. TIP SEDIMENTA**

- 1 – skale, mega- in mezolital (>6,3)
- 2 – prod (mikrolital in akal, 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. TIP ZALEDJIA**

- 1 – umetne površine
  - 11 – urbane (pozidane) površine, mesta in večja naselja
  - 11908 – vasi
  - 12 – industrijske, komercialne, transportne enote (ceste, železnice...)
  - 13 – rudniki, odlagališča, gradbišča,
  - 14 – umetne, vendar ne kmetijske površine (pokopališča, parki, igrišča...)
- 2 – kmetijske površine
  - 21 – obdelane površine (tudi rastlinjaki in do 3 leta stare opuščene njive)
  - 22 – trajni nasadi (vinogradi, sadovnjaki, nasadi ribeza, hmelja...)
  - 23 – pašniki
  - 24 – heterogene kmetijske površine
- 3 – gozdovi in pol-naravne površine
  - 31 – gozd
    - 311 – listopadni gozd
    - 312 – iglasti gozd
    - 313 – mešani gozd
  - 32 – grmovje
  - 33 – odprte površine z malo ali nič vegetacije (plaže, sipine, obrežje, skale)
- 4 – močvirja
  - 41 – celinska močvirja
  - 42 – celinski marši
  - 43 – šotna barja

#### **4. VODNI TOK**

- 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

### **OCENA POGOSTOSTI MAKROFITSKIH VRST S POMOČJO 5-STOPENJSKE LESTVICE:**

- 1 – redka rastlina
- 2 – pojavlja se raztreseno

- 3 – pojavlja se stalno, vendar ne pogosto
- 4 – pogosta
- 5 – zelo pogosta

**RASTNE OBLIKE:**

- ap = plavajoče neukoreninjene rastline
- sp = potopljene neukoreninjene rastline
- sa = potopljene ukoreninjene rastline
- fl = plavajoče ukoreninjene rastline
- am = rastline z amfibijskim značajem
- he = močvirske rastline ali helofiti

Priloga C1: Koordinate odsekov, njihove dolžine in datumi popisov za Rašico (odseki so zvezni; prva koordinata naslednjega odseka je hkrati tudi druga koordinata prejšnjega odseka).

št. odseka	koordinate		dolžina odseka v m	datum
	N	E		
1	45,842745	14,566979	772	26.7.2005
2	45,847631	14,570833	653	26.7.2005
3	45,846840	14,578229	437	26.7.2005
4	45,847271	14,582708	203	26.7.2005
5	45,845403	14,583229	335	26.7.2005
6	45,842674	14,584896	285	21.7.2005
7	45,841237	14,587813	336	21.7.2005
8	45,841237	14,591875	263	21.7.2005
9	45,842099	14,595000	205	21.7.2005
10	45,842745	14,597396	190	21.7.2005
11	45,843248	14,599375	235	21.7.2005
12	45,842961	14,600729	454	21.7.2005
13	45,845115	14,604583	210	20.7.2005
14	45,846409	14,606458	250	20.7.2005
15	45,847199	14,609375	372	20.7.2005
16	45,846983	14,614062	553	20.7.2005
17	45,849138	14,620416	230	20.7.2005
18	45,851006	14,622187	263	20.7.2005
19	45,851653	14,624791	198	29.6.2005
20	45,851797	14,627083	212	29.6.2005
21	45,851222	14,629583	438	20.7.2005
22	45,852371	14,634478	361	20.7.2005
23	45,853952	14,638645	383	20.7.2005
24	45,856897	14,641145	321	20.7.2005
25	45,858765	14,644062	516	26.7.2005
26	45,857113	14,648958	362	26.7.2005
27	45,855173	14,652708	248	26.7.2005
28	45,855532	14,655416	228	26.7.2005
	45,857544	14,655624		



Priloga C2: Koordinate odsekov, njihove dolžine in datumi popisov za Črni potok (odseki so zvezni; prva koordinata naslednjega odseka je hkrati tudi druga koordinata prejšnjega odseka).

št. odseka	koordinate		dolžina odseka v m	datum
	N	E		
1	45,796337	14,630833	279	25.7.2005
2	45,796912	14,627499	376	25.7.2005
3	45,800360	14,627187	244	25.7.2005
4	45,802228	14,626770	492	25.7.2005
5	45,803880	14,621458	182	25.7.2005
6	45,804886	14,620103	194	21.7.2005
7	45,806107	14,618333	378	25.7.2005
8	45,808837	14,615728	536	25.7.2005
9	45,812932	14,612603	591	25.7.2005
10	45,816739	14,609686	855	25.7.2005
11	45,823133	14,605415	389	25.7.2005
12	45,825935	14,602915	678	25.7.2005
13	45,831179	14,600415	428	26.7.2005
14	45,834699	14,598332	569	26.7.2005
15	45,839153	14,599166	659	26.7.2005
	45,842961	14,600729		

Priloga C3: Koordinate odsekov, njihove dolžine in datumi popisov za Šentpavelščico (odseki so zvezni; prva koordinata naslednjega odseka je hkrati tudi druga koordinata prejšnjega odseka).

št. odseka	koordinate		dolžina odseka v m	datum
	N	E		
1	45,958693	14,863541	591	9.8.2005
2	45,958046	14,870624	398	9.8.2005
3	45,955748	14,873749	250	9.8.2005
4	45,953521	14,873229	503	9.8.2005
5	45,950146	14,875416	543	9.8.2005
6	45,946409	14,872291	474	9.8.2005
7	45,942243	14,874270	312	9.8.2005
8	45,940446	14,873333	307	9.8.2005
9	45,938722	14,870416	239	9.8.2005
	45,936783	14,871562		

Priloga C4: Koordinate odsekov, njihove dolžine in datumi popisov za Kodeljevec (odseki so zvezni; prva koordinata naslednjega odseka je hkrati tudi druga koordinata prejšnjega odseka).

št. odseka	koordinate		dolžina odseka v m	datum
	N	E		
1	45,940087	14,976146	597	10.8.2005
2	45,936064	14,979688	354	10.8.2005
3	45,932903	14,981875	321	10.8.2005
4	45,930029	14,983021	714	10.8.2005
5	45,923636	14,982708	439	10.8.2005
	45,919541	14,982396		

Priloga D1: Širša okoljska ocena za Rašico

št. odseka parameter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Izraba tal za ob. pasom	20	20	20	1	10	20	20	20	20	30	30	20	20	20
Širina obrežnega pasu	20	20	5	5	5	5	5	5	5	30	30	20	20	20
Sklenjenost vegetacije	20	20	5	1	5	5	30	30	30	30	30	5	5	5
Vegetacija ob. pasu	25	25	5	1	5	5	5	5	5	25	25	15	15	15
Zadrževalne strukture	15	15	5	10	10	10	1	1	1	10	1	1	1	1
Oblika struge	10	10	15	1	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Usedline v strugi	15	15	5	1	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5
Struktura brega	15	15	5	1	15	1	1	1	1	25	15	15	15	15
Spodjedanje brega	1	1	5	1	5	15	5	5	5	15	5	5	5	5
Dno vodotoka	25	25	5	5	5	15	5	5	5	5	5	1	1	1
Brzice, tolmuni, meandri	20	20	10	1	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Detrit	25	25	5	5	25	25	1	1	1	25	25	10	10	10

št. odseka parameter	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Izraba tal za ob. pasom	20	20	20	20	10	10	20	20	20	1	1	1	30	20
Širina obrežnega pasu	20	20	20	20	5	20	5	30	30	5	5	5	30	5
Sklenjenost vegetacije	5	5	5	5	20	30	5	1	1	1	1	1	30	1
Vegetacija ob. pasu	15	15	15	15	15	15	15	25	25	5	5	5	25	5
Zadrževalne strukture	1	1	1	1	1	15	10	10	10	10	10	10	15	1
Oblika struge	15	15	15	15	10	5	15	15	15	15	15	15	15	15
Usedline v strugi	5	5	5	5	5	10	5	10	10	5	5	5	10	5
Struktura brega	15	15	15	15	15	25	15	1	1	15	15	15	25	5
Spodjedanje brega	5	5	5	5	15	20	5	5	5	15	15	15	20	5
Dno vodotoka	1	1	1	1	5	15	15	5	5	15	15	15	25	5
Brzice, tolmuni, meandri	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	1
Detrit	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5

Priloga D2: Širša okoljska ocena za Črni potok

št. odseka parameter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Izraba tal za ob. pasom	30	10	30	10	10	20	20	20	20	20	10	10	10	10	30
Širina obrežnega pasu	30	5	20	5	5	5	5	5	5	20	5	5	20	5	30
Sklenjenost vegetacije	30	1	30	20	20	1	20	1	1	30	1	5	20	1	30
Vegetacija ob. pasu	25	5	25	15	15	5	5	5	5	15	15	15	15	5	25
Zadrževalne strukture	15	15	1	5	5	1	1	10	10	10	5	1	10	5	1
Oblika struge	15	15	1	15	15	15	15	15	15	15	15	15	5	5	5
Usedline v strugi	15	15	1	5	5	5	5	10	10	10	10	5	5	5	5
Struktura brega	15	15	1	1	1	5	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Spodjedanje brega	15	20	5	1	1	1	15	15	15	5	5	5	15	5	5
Dno vodotoka	25	25	1	5	5	5	5	5	5	15	5	5	5	5	1
Brzice, tolmuni, meandri	20	20	10	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	10	1
Detrit	10	10	1	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5	10	1

Priloga D3: Širša okoljska ocena za Šentpavelščico

št. odseka parameter	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Izraba tal za ob. pasom	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Širina obrežnega pasu	5	5	5	5	5	1	1	1	1
Sklenjenost vegetacije	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Vegetacija ob. pasu	5	5	5	1	1	1	1	1	1
Zadrževalne strukture	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Oblika struge	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Usedline v strugi	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Struktura brega	5	5	5	1	1	1	1	1	1
Spodjedanje brega	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Dno vodotoka	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Brzice, tolmuni, meandri	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Detrit	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Priloga D4: Širša okoljska ocena za Kodeljevec

št. odseka parameter	1	2	3	4	5
Izraba tal za ob. pasom	30	10	10	10	10
Širina obrežnega pasu	30	5	5	5	5
Sklenjenost vegetacije	30	5	1	1	5
Vegetacija ob. pasu	25	15	5	5	15
Zadrževalne strukture	1	5	1	1	5
Oblika struge	5	5	5	5	5
Usedline v strugi	5	5	5	5	5
Struktura brega	5	5	5	5	5
Spodjedanje brega	5	5	5	5	5
Dno vodotoka	1	1	1	1	1
Brzice, tolmuni, meandri	1	1	1	1	1
Detrit	5	5	5	5	5

Priloga E1: Ocena habitatnih tipov za Rašico

št. odseka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Struktura brega	1,42	1,42	42	1,5	1,42	5	1,42	1,42	42	1,42	42	42	42	42
Tip sedimenta	1,2,6	1,2,6	2,6	3,5,6	3,6	1,3,6	1,3,6	1,3,6	2,6	1,3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
Zaledje	23,313	23	24	11908	24	24	24	24	24	41	41	24,11908	24	41
Vodni tok	3	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
št. odseka	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Struktura brega	42	42	1,42	1,42	2	1,5	42	42	42	42	1,42	1,42	1,42	42
Tip sedimenta	3,6	3,6	3,6	3,6	1,2,6	1,2,6	1,3,6	1,3,6	1,3,6	1,3,6	1,2,6	1,2,6	1,2,6	4,6
Zaledje	41	24	24,11908	23	23,11908	11908	24	24	24,313	24,313	24,11908	313,11908	313	23
Vodni tok	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	1

Priloga E2: Ocena habitatnih tipov za Črni potok

št. odseka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Struktura brega	42	1,42	41	42	42	42	42	1,42	1,42	42	1,42	42	42	42	42
Tip sedimenta	1,2,6	1,2,6	4,6	2,6	2,6	2,6	3,6	1,2,6	1,2,6	1,2,6	2,3,6	2,3,6	2,3,6	2,6	4,6
Zaledje	313	24	23,313	24	24	24,313	24	24	24	24,41	24,11908	24	24	24	41
Vodni tok	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	2	2	2	3	2

Priloga E3: Ocena habitatnih tipov za Šentpavelščico

št. odseka	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Struktura brega	42	42	42	42	42	42	42	42	42
Tip sedimenta	3,4,6	4,6	3,4,6	3,4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
Zaledje	24	24,11908	24	24	24,11908	24,11908	24,11908	24	24
Vodni tok	2	2	2	2	1	1	1	1	1

Priloga E4: Ocena habitatnih tipov za Kodeljevec

št. odseka	1	2	3	4	5
Struktura brega	42	42	42	42	42
Tip sedimenta	3,6	3,4,6	4,6	4,6	3,4,6
Zaledje	24,313	24,313	23	23	24,12
Vodni tok	2	2	2	2	2

Priloga F1: Rezultati fizikalno kemijskih meritev z dne 18.8.2005

Vzorčno mesto	Koordinate		T (°C)	Konc. O <sub>2</sub> (mg/L)	Nasičenost z O <sub>2</sub> (%)	Elektroprevodnost (μS/cm)	pH	Konc. nitrata (mg/L)	Konc. ortofosfata (mg/L)
	N	E							
Ra1	45,847631	14,570833	13,7	10,18	103,9	390	8,4	1,3	0,0000
Ra12	45,843679	14,603021	14,4	9,51	94,0	456	8,3	1,2	0,3834
Ra20	45,851797	14,627083	13,9	10,35	106,4	458	8,2	1,6	0,0000
Ra28	45,855532	14,655416	14,5	10,90	112,7	453	8,2	1,0	0,0108
Čr2	45,796912	14,627499	12,8	10,10	101,6	432	8,4	0,0	0,0166
Čr8	45,808837	14,615728	14,1	9,68	100,0	471	8,4	0,4	0,0001
Čr10	45,821193	14,607499	14,8	9,56	99,8	480	8,4	0,8	0,0132
Čr14	45,834699	14,598332	14,9	9,03	94,6	472	8,4	0,9	0,1070
Še2	45,958046	14,870624	12,1	9,79	94,2	486	8,2	4,5	0,0170
Še7	45,942243	14,874270	13,4	7,90	79,1	466	8,2	5,0	0,0057
Ko4	45,930029	14,983021	13,2	8,85	86,9	510	8,1	7,5	0,0262

Priloga F2: Rezultati fizikalno kemijskih meritev z dne 10.10.2005

Vzorčno mesto	Koordinate		T (°C)	Elektroprevodnost (μS/cm)	pH	Konc. nitrata (mg/L)	Konc. ortofosfata (mg/L)
	N	E					
Ra1	45,847631	14,570833	10,2	426	8,7	2,6	0,0327
Ra12	45,843679	14,603021	10,6	482	8,6	2,6	0,0088
Ra20	45,851797	14,627083	10	480	8,6	2,5	0,0063
Ra28	45,855532	14,655416	10,5	472	8,6	2,5	0,0043
Čr2	45,796912	14,627499	10	475	8,7	2,1	0,0027
Čr8	45,808837	14,615728	10,4	506	8,6	2,2	0,0458
Čr10	45,821193	14,607499	10,6	505	8,7	3,0	0,0124
Čr14	45,834699	14,598332	10,6	495	8,6	2,7	0,0128
Še2	45,958046	14,870624	11,2	532	8,1	8,2	0,0916
Še7	45,942243	14,874270	11,5	527	8,2	7,2	0,0251
Ko4	45,930029	14,983021	11,3	521	8,2	5,9	0,0347

Priloga F3: Rezultati fizikalno kemijskih meritev z dne 10.1.2006

Vzorčno mesto	Koordinate		T (°C)	Konc. O <sub>2</sub> (mg/L)	Nasičenost z O <sub>2</sub> (%)	Elektroprevodnost (μS/cm)	pH	Konc. nitrata (mg/L)	Konc. ortofosfata (mg/L)
	N	E							
Ra1	45,847631	14,570833	0,0	11,45	81,5	442	8,5	2,5	0,0023
Ra12	45,843679	14,603021	0,3	14,45	103,3	482	8,4	2,4	0,0129
Ra20	45,851797	14,627083	0,2	15,21	108,4	484	8,4	2,3	0,0038
Ra28	45,855532	14,655416	0,0	15,08	107,0	482	8,4	3,0	0,0091
Čr2	45,796912	14,627499	2,4	12,11	92,5	453	8,4	3,2	0,0081
Čr8	45,808837	14,615728	0,2	13,70	97,9	507	8,5	2,7	0,0450
Čr10	45,821193	14,607499	0,0	14,38	102,6	498	8,4	3,1	0,0284
Čr14	45,834699	14,598332	0,3	14,68	105,5	490	8,4	2,7	0,0337
Še2	45,958046	14,870624	7,0	11,42	101,0	518	8,1	7,1	0,0550
Še7	45,942243	14,874270	7,1	12,32	103,6	541	8,3	5,3	0,0578
Ko4	45,930029	14,983021	4,6	10,25	80,0	525	8,2	6,6	0,0177

Priloga G1: Abundanca rastlinskih vrst za Rašico

rastl. vrsta \ št. odseka	št. odseka													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Alg fil	1	1	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Ali pla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Ber ere	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cal pal	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
Equ pal	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fon ant	1	1	2	2	3	2	1	1	0	0	0	0	2	0
Iri pse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Jun art	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lyc eur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lyt sal	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	2	1	1	1
Men aqu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Men tri	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Myo sco	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Myr ver	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2
Phr aus	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Pot nod	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhy rip	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Ror sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Spa sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Typ lat	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ver bec	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
rastl. vrsta \ št. odseka	št. odseka													
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Alg fil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ali pla	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Ber ere	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cal pal	1	2	0	0	2	0	0	0	0	0	2	2	0	1
Equ pal	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Fon ant	0	3	2	2	3	4	3	1	0	0	2	0	1	0
Iri pse	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Jun art	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lyc eur	0	1	0	0	2	0	0	0	0	1	2	2	0	0
Lyt sal	1	1	0	1	0	2	0	0	0	1	3	2	1	1
Men aqu	0	3	0	2	2	0	0	0	1	1	2	1	0	0
Men tri	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Myo sco	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Myr ver	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Phr aus	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot nod	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhy rip	0	0	0	2	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0
Ror sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Spa sp.	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Typ lat	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	0	0	0
Ver bec	0	1	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Priloga G2: Abundanca rastlinskih vrst za Črni potok

rastl. vrsta	št. odseka														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Alg fil	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ali pla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	2
Ber ere	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	2
Cal pal	0	2	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2
Equ pal	0	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
Fon ant	2	1	0	1	0	1	1	2	1	2	1	2	0	2	2
Lyc eur	0	1	2	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	2
Lyt sal	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	2	0	2	2
Men aqu	0	2	0	2	1	0	1	0	0	0	0	1	0	2	2
Myo sco	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Phr aus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	2
Rhy rip	2	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1
Typ lat	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	2
Ver bec	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Priloga G3: Abundanca rastlinskih vrst za Šentpavelščico

rastl. vrsta	št. odseka								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Alg fil	0	0	0	0	0	1	1	1	0
Ali pla	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Ber ere	4	4	2	2	2	3	3	3	0
Cal sp.	2	2	2	2	2	3	0	0	0
Cal pal	2	1	0	0	0	0	0	0	0
Epi par	2	0	0	0	0	0	0	1	0
Iri pse	0	0	1	1	1	1	0	1	2
Jun eff	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Lyt sal	1	1	0	1	0	1	1	1	2
Men aqu	2	0	0	2	1	2	2	2	2
Myo sco	2	1	0	2	2	2	0	0	0
Nas off	0	0	0	0	3	2	2	0	1
Phr aus	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Pot cri	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Ran tri	0	0	0	2	0	2	2	0	0
Spa sp.	0	3	4	4	3	4	2	3	0
Typ lat	0	0	0	1	0	1	0	0	2
Pha aru	0	0	2	2	0	2	3	3	2
Ver ana	3	3	1	2	3	3	3	3	0



Priloga G4: Abundanca rastlinskih vrst za Kodeljevec

rastl. vrsta	št. odseka				
	1	2	3	4	5
Alg fil	0	0	1	1	2
Elo can	0	0	0	0	3
Epi par	0	1	0	0	0
Equ pal	0	1	1	0	0
Fon ant	0	1	0	0	0
Iri pse	1	2	2	2	1
Lyc eur	0	0	0	0	1
Lyt sal	0	1	1	1	1
Men aqu	0	1	1	0	0
Myo sco	0	1	0	1	1
Pha aru	1	3	2	3	3
Pot cri	0	0	0	0	2
Ver ana	0	2	3	3	3

Priloga H1: Izbrani dejavniki okolja in statistična značilnost (P)

Dejavniki okolja	P
RCE kakovostni razredi	0,001
Brzice, tolmuni, meandri	0,006
Zadrževalne strukture v strugi	0,001
Dno vodotoka	0,002
Detrit	0,034
Spodjedanje brega	0,087
Oblika struge	0,104
Širina obrežnega pasu	0,152
Obrežna vegetacija	0,249
Usedline v strugi	0,254
Sklenjenost obrežne vegetacije	0,590
Struktura brega	0,828
Zaledje struge	0,221

Priloga H2: Lastne vrednosti, kumulativni pojasnjeni odstotki varianc in korelacijski koeficienti obdelanih podatkov za relacijo takson – okolje

KANONIČNA OS	1	2	3	4	Skupna variabilnost
Lastne vrednosti	0,548	0,207	0,148	0,099	4,319
Korelacijski koeficient taksoni – okoljske spremenljivke	0,944	0,771	0,704	0563	
Kumulativni pojasnjeni odstotek variance taksonov	12,7	17,5	20,9	23,2	
Kumulativni pojasnjeni odstotek variance relacije takson – okolje	50,0	68,9	82,4	91,4	

Priloga H3: Izbrani fizikalni in kemijski parametri ter statistična značilnost (P)

Fizikalni in kemijski parametri	P
Nitrati	0,003
pH	0,117
Električna prevodnost	0,098
Temperatura vode	0,250
Koncentracija kisika	0,181
Ortofosfati	0,528
Nasičenost s kisikom	0,697

Priloga H4: Lastne vrednosti, kumulativni pojasnjeni odstotki varianc in korelacijski koeficienti za relacijo takson – fizikalni in kemijski parametri

KANONIČNA OS	1	2	Skupna variabilnost
Lastne vrednosti	0,609	0,324	3,063
Korelacijski koeficient taksoni – fizikalni in kemijski parametri	0,972	0,933	
Kumulativni pojasnjeni odstotek variance taksonov	19,9	30,5	
Kumulativni pojasnjeni odstotek variance relacije takson – fizikalni in kemijski parametri	65,2	100,0	

Priloga II: Značilnosti osnovnih klasifikacijskih razredov v študiji Kategorizacija pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu

	<b>1. razred</b>	<b>2. razred</b>	<b>3. razred</b>	<b>4. razred</b>
Morfologija struge	naraven potek struge, meandri	na posameznih mestih delno spremenjena struga	delno umetna struga, umetne brežine	povsem umetna struga
dno	razgibano	razgibano, vendar poglobljeno	poravnano, vendar ne umetno	gladko, umetno
struga	zelo strukturirana	delno strukturirana, manjši odvzemi proda	nestrukturirana	gladka
brežina	stabilna	manj stabilna	nestabilna	nestabilna
globina vode	spreminjajoča, struga členjena po vsej dolžini, menjavanje tolmunov in prodišč	delno spreminjajoča se	enakomerna, brez tolmunov	povsem enakomerna
hitrost vode	spreminjajoča se	delno spreminjajoča se	enakomerna	enakomerna, vendar pogosto prevelika, prehiter pretok
pregrade	horizontalno in vertikalno členjene, iz naravnih materialov, visoke do 50 cm	slabše členjene, iz naravnih materialov	nečlenjene, iz naravnih in umetnih materialov, visoke 50 - 80 cm	iz umetnih materialov, visoke nad 80 cm
vodni pojavi (skale, kamni, pesek, prodišča, tolmuni, brzice, soteske ipd.)	številni	okrnjeni	redki	jih ni
Ekosistemi	primarni, neokrnjeni habitati	manjše motnje, ki še ne preprečujejo samouravnave	sekundarni habitati, možnosti za obnovo	sekundarni habitati, ni več možnosti za obnovo
Živalstvo v vodi in ob njej	velika pestrost vrst in habitatov	na posameznih mestih okrnjena sestava vrst in habitatov	biodiverziteta občutno zmanjšana, pojav vrst, ki prej niso bile prisotne	okrnjeno število vrst
Rastlinstvo v vodi	velika pestrost vrst	okrnjeno število prvotnih vrst	okrnjeno število vrst, pojav drugih vrst	zelo okrnjeno število vrst
Rastlinstvo ob vodi	zastopane značilne avtohtone vrste, vsi razvojni stadiji, pestra zastopanost vrst, gosta, sklenjena zarast	na posameznih mestih okrnjena obrežna vegetacija	maloštevilne rastlinske vrste, posamezni razvojni stadiji, drevoredne zasaditve ali neskljenjene zasaditve grmovnic	prvotna obrežna vegetacija odstranjena, umetna zasaditev ali zasaditve sploh ni
Rastlinstvo v širšem prostoru	sklenjen, razvit gozdni rob, prisotne avtohtone vrste	neskljenjen gozdni rob, prisotne tudi neavtohtone vrste	zelo zarisan oz. neskljenjen gozdni rob, prisotne neavtohtone vrste	golosek, pretežno tuje drevesne vrste

	<b>1. razred</b>	<b>2. razred</b>	<b>3. razred</b>	<b>4. razred</b>
Živice, grmišča	avtohtone vrste, široka, sklenjena zarast, več drevesnih in grmovnih vrst, na obrobju travne in zeliščne vrste	na posameznih mestih odstranjene, manj drevesnih in grmovnih vrst	ozki nesklenjeni pasovi, manj rastlinskih vrst	odstranjene, ponekod delno zamenjane s tujimi vrstami
Obvodno rastlinstvo - kontaktna cona, razčlenjenost	širok vegetacijski pas ob vodotoku, pestra vrstna sestava, nelinearne oblike	zmanjšana pestrost, ponekod okrnjena vegetacija	le delno širjenje v prostor, več linijskih elementov	vegetacijski pas je zožan, s tem je kontaktna cona okrnjena
Vidno-likovne vrednosti (strukturna členjenost) - notranja členjenost vodotoka	številni hidro-geomorfološki pojavi, pestra zgradba	manj številni pojavi, ponekod so okrnjeni	redki pojavi	ni pojavov, monotonost
Krajinske sestavine kot oblike (ploskovne, prostorninske, linijske)	številne in pestre	izvzeti določeni elementi	manj številne	redke, enostavne
Tonska vrednost	čista, jasna barva	čista, jasna barva	monotona, enolična	monotona, enolična
Tekstura	več različnih tekstur	več različnih tekstur	redke, posamezne teksture	monotonost, bi različnih tekstur
Ritem v krajinski strukturi	harmoničen	nekoliko okrnjen, spremenjen	skoraj monoton	povsem monoton
Vidni prostorski red, kontrasti	organski red, številni kontrasti	organski red, ponekod okrnjeni kontrasti	geometrijski red, manj številni kontrasti	geometrijski red, ni kontrastov
Krajinski vzorec	značilen vodni krajinski vzorec	značilen, vendar ponekod delno spremenjen	spremenjen	povsem spremenjen
Prisotnost posegov v obvodnem prostoru (poti, ceste, infrastruktura, urbana področja, kamnolomi)	ni posegov v prostor	samo na nekaterih mestih se približajo	so v neposredni bližini, zaradi tega pogosto spremenjene brežine	so v neposredni bližini, spremenjene brežine, tudi onesnaženost
Prisotnost intenzivnega kmetijstva	ga ni v bližini	je blizu vodotoka ali posega v kontaktno cono	ponekod se povsem približa vodotoku, kemično onesnaženje vode	se stika z brežino vodotoka, kemično onesnaževanje vode
Prisotnost intenzivnih dejavnosti (rekreacija, turizem, ribištvo)	jih ni v bližini	samo občasno in v manjši zastopanosti	stalna zastopanost dejavnosti	velika zastopanost dejavnosti

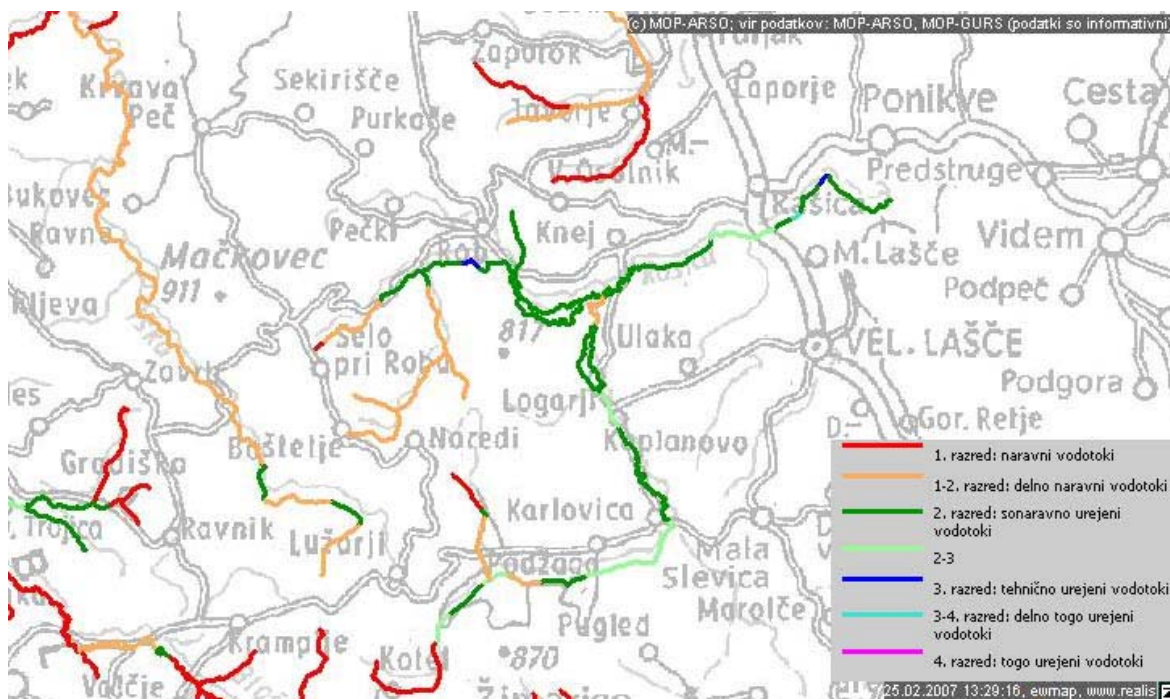
Vir: Bratina Jurkovič, 1999

Priloga I2: Kakovostni razredi vodotokov v študiji Kategorizacija pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu

kakovostni razred	stanje vodotoka
1.	naravni vodotoki
1. - 2.	delno naravni vodotoki
2.	opazne in sonaravne ureditve
2. - 3.	vidne ureditve
3.	tehnične ureditve iz naravnih materialov
3. - 4.	naravi tuje ureditve
4.	nenaravne, toge ureditve iz umetnih materialov

Vir: Bratina Jurkovič, 1999

Priloga I3: Podatki o kategorizaciji urejanja vodotokov Agencije RS za okolje



Vir: Interaktivni naravovarstveni atlas (Ministrstvo za okolje, prostor in energijo)