

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ŠTUDIJ EKOLOGIJE IN BIODIVERZITETE

Tjaša ZIMŠEK

**SPREMENJENOST MORFOLOŠKIH RAZMER
HUDOURNIŠKE REKE GRADAŠČICE IN
DIVERZITETA MAKROINVERTEBRATSKE
ZDRUŽBE**

MAGISTRSKO DELO

Magistrski študij – 2. stopnja

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ŠTUDIJ EKOLOGIJE IN BIODIVERZITETE

Tjaša ZIMŠEK

**SPREMENJENOST MORFOLOŠKIH RAZMER HUDOURNIŠKE
REKE GRADAŠČICE IN DIVERZITETA
MAKROINVERTEBRATSKE ZDRUŽBE**

MAGISTRSKO DELO
Magistrski študij – 2. stopnja

**ALTERATION OF MORPHOLOGICAL CONDITIONS ON
GRADAŠČICA RIVER AND DIVERSITY OF
MACROINVERTEBRATE COMMUNITY**

M. SC. THESIS
Master Study Programmes

Ljubljana, 2016

Magistrsko delo je zaključek Magistrskega študijskega programa 2. stopnje Ekologija in biodiverziteta na Biotehniški fakulteti v Ljubljani. Opravljeno je bilo na Biotehniški fakulteti v Ljubljani, Oddelku za biologijo, Katedri za ekologijo in varstvo okolja.

Študijska komisija Oddelka za ekologijo in biodiverziteto je za mentorja magistrskega dela imenovala izr. prof. dr. Igorja Zelnika, za recenzenta pa prof. dr. Mihaela J. Tomana.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: izr. prof. dr. Rudi VEROVNIK

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: izr. prof. dr. Igor ZELNIK

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: prof. dr. Mihael Jožef TOMAN

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Datum zagovora:

Podpisana izjavljam, da je magistrsko delo rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Tjaša Zimšek

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Du2
- DK UDK 574:581.96(043.2)=163.6
- KG metoda RCE/Gradaščica/invazivne in potencialno invazivne rastline/domorodne rastline/vodni makroinvertebrati
- AV ZIMŠEK, Tjaša, dipl. var. biol. (UN)
- SA ZELNIK, Igor (mentor)/ TOMAN, Mihael J. (recenzent)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Študij ekologije in biodiverzitete
- LI 2016
- IN SPREMENJENOST MORFOLOŠKIH RAZMER HUDOURNIŠKE REKE GRADAŠČICE IN DIVERZITETA MAKROINVERTEBRATSKE ZDRUŽBE
- TD Magistrsko delo (Magistrski študij – 2. stopnja)
- OP XII, 82 str., 10 pregl., 24 sl., 6 pril., 43 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI V raziskavi preučujemo povezave med morfološkimi in hidromorfološkimi razmerami hudourniške reke Gradaščice ter diverzitetu makroinvertebratske združbe (MIZ). V ta namen smo izbrali 18 vzorčnih mest, kjer smo po standardnih metodah izvedli meritve izbranih abiotskih dejavnikov, ekomorfološko vrednotenje (RCE) stanja, popis vegetacije obrežnega pasu in vzorčenje makroinvertebratov. V obrežnem pasu smo zabeležili 50 domorodnih lesnatih vrst rastlin in le 4 tuje vrste. Z meritvami abiotskih dejavnikov smo zaznali značilne spremembe vrednosti vzdolž rečnega toka, ki so se spreminjale skupaj z obrežno vegetacijo in stanjem vodotoka. Zabeležili smo 7 tipov anorganskega in 6 tipov organskega substrata. Na podlagi podatkov o sestavi MIZ smo izračunali Shannon-Wienerjev, Simpsonov, EPT, BMWP in ASPT indeks. Izračunali smo tudi Spearmanove korelacije med omenjenimi indeksi, višjimi taksoni makroinvertebratov in okoljskimi dejavniki ter ocenami parametrov RCE Gradaščice. Z analizami smo ugotovili, da so hidromorfološki posegi glavni vzrok za spremembe življenjskih razmer v vodotoku, saj vplivajo na spremembo hitrosti toka, usedanja delcev, vrste hrane in posledično na spremembo prehranskih razmerij znotraj MIZ.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- ND Du2
- DC UDC 574:581.96(043.2)=163.6
- CX RCE method/Gradaščica river/invasive and potencial invasive plants/native plants/water macroinvertebrates
- AU ZIMŠEK, Tjaša
- AA ZELNIK, Igor (supervisor), TOMAN Mihael J. (reviewer)
- PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Master Study Programme in Ecology and biodiversity
- PY 2016
- TI ALTERATION OF MORPHOLOGICAL CONDITIONS ON GRADAŠČICA RIVER AND DIVERSITY OF MACROINVERTEBRATE COMMUNITY
- DT M. Sc. Thesis (Master Study Programmes)
- NO XII, 82 p., 10 tab., 24 fig., 6 ann., 43 ref.
- LA sl
- Al sl/en
- AB The relationship between the morphological and hydromorphological conditions in the torrential river Gradaščica and diversity of macroinvertebrate community (MIC) was investigated. For this purpose, we have chosen 18 sampling sites (VM), where we performed several analysis according to the standard methods, such as: measurements of abiotic factors, ecomorphological (RCE) status survey, inventory of the riparian zone vegetation and sampling of the benthic macroinvertebrates. In the riparian zone 50 native woody plant species and only 4 alien plant species were recorded. Measurements of abiotic factors detected significant changes in values along the river flow, which has changed along the river together with the changes in riparian vegetation and state of the watercourse. We recorded seven types of inorganic and six types of organic substrate. On the basis of MIC composition several indexes were calculated (Shannon- Wiener, Simpson, EPT, ASPT and BMWP). Spearman correlation coefficients between these indices, higher taxa of macroinvertebrates, enviromental factors and the evaluation of parameters RCE Gradaščica were calculated. We found that hydromorphological changes have the largest influence on MIC because of changes of flow, erosion, variety of food and therefore they influence food webs among the species.

KAZALO VSEBINE

	KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
	KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
	KAZALO VSEBINE	V
	KAZALO PREGLEDNIC	VII
	KAZALO SLIK	VIII
	KAZALO PRILOG	X
	OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	XI
1	UVOD	1
2	PREGLED OBJAV	3
2.1	DEJAVNIKI V STRUGI	3
2.1.1	Abiotski dejavniki	3
2.2	VLOGA OBREŽNE VEGETACIJE IN PRISPEVNEGA OBMOČJA	6
2.3	VLOGA MAKROINVERTEBRATOV V TEKOČIH VODAH	9
2.3.1	Vloga makroinvertebratov	9
2.3.2	Spremljanje stanja (monitoring) in antropogeni vplivi na vodotok	10
3	MATERIAL IN METODE	12
3.1	OPIS LOKACIJ	12
3.2	POPIS VEGETACIJE IN RCE-STANJA STRUGE	17
3.3	MERITVE ABIOTSKIH DEJAVNIKOV IN OPIS SEDIMENTA	19
3.4	VZORČENJE MAKROINVERTEBRATOV	19
3.5	DOLOČANJE MAKROINVERTEBRATOV	19
3.6	STATISTIČNE ANALIZE	20
3.6.1	Diverzitetni indeksi	20
3.6.2	Biotski indeksi	21
3.6.3	Izračun korelacij med okoljskimi dejavniki in zgradbo MIZ	21
3.6.4	Preučevanje vpliva okoljskih dejavnikov na taksonomsko sestavo MIZ	21
3.6.5	Primerjava diverzitete med posameznimi skupinami odsekov	22
4	REZULTATI	23
4.1	VEGETACIJA	23
4.2	VREDNOTENJE VODOTOKA PO RCE-METODI	26
4.3	MERITVE ABIOTSKIH DEJAVNIKOV	27
4.4	POPIS SUBSTRATA	30
4.5	STRUKTURA MAKROINVERTEBRATSKIH ZDRUŽB	32
4.5.1	Zgradba združbe makroinvertebratov izražena z diverzitetnimi in biotski indeksi	38
4.6	KORELACIJE MED OKOLJSKIMI DEJAVNIKI IN ZDRUŽBO MAKROINVERTEBRATOV	40
4.6.1	Korelacije med ekomorfološkimi dejavniki in zgradbo združbe MI	40
4.6.2	Korelacije med hidromorfološkimi dejavniki in zgradbo združbe makroinvertebratov	42
4.6.3	Vpliv okoljskih dejavnikov na taksonomsko sestavo MIZ	44
5	RAZPRAVA	45

5.1	OBREŽNA VEGETACIJA	45
5.1.1	Ocenitev stanja obrežne vegetacije	46
5.2	EKOMORFOLOŠKO VREDNOTENJE STRUGE (RCE) IN ABIOTSKIH DEJAVNIKOV	47
5.2.1	Morfološke razmere	47
5.2.2	Vpliv morfoloških sprememb na RCE-stanje	48
5.2.3	Abiotski dejavniki	48
5.2.4	Organski in anorganski substrat ter organska snov	49
5.3	ZDRUŽBA MAKROINVERTEBRATOV	50
5.4	INDEKSI IN KORELACIJE	51
5.4.1	Indeksi	51
5.4.2	Korelacije med okoljskimi dejavniki in strukturo MIZ	53
5.4.3	Vpliv okoljskih dejavnikov na strukturo MIZ	56
6	SKLEPI	57
7	POVZETEK	58
8	VIRI	60
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Seznam rastlinskih vrst obrežne vegetacije na posameznih VM.....	24
Preglednica 2: Prikaz številčnosti in deleža pionirskih oz. nepionirskih in tujerodnih oz. domorodnih rastlinskih vrst na posameznih VM ter povprečnih vrednosti.....	25
Preglednica 3: Prikaz seštevka točk v posameznih sklopih in celotnega seštevka točk, kot smo jih s pomočjo RCE-metode določili na posameznih VM	27
Preglednica 4: Prikaz vrednosti abiotskih dejavnikov na posameznih VM	29
Preglednica 5: Prikaz časa, vremena in osenčenosti struge na posameznem VM.....	30
Preglednica 6: Prikaz odstotne zastopanosti posameznega tipa substrata na posameznem VM.....	31
Preglednica 7: Prikaz vrednosti S-W in Simpsonovega diverzitetnega indeksa za redove in družine MIZ.....	39
Preglednica 8: Prikaz vrednosti EPT-indeksa glede na posamezna vzorčna mesta.....	40
Preglednica 9: Prikaz korelacij med morfološkimi parametri in združbo MI.....	41
Preglednica 10: Prikaz Spearmanovih korelacijskih koeficientov med posameznimi višjimi taksoni MI in abiotskimi dejavniki.....	43

KAZALO SLIK

Slika 1: Prikaz lokacij VM Ref1 in Ref2 (zgoraj) in slika s terena na VM Ref1 (spodaj) ..	13
Slika 2: Prikaz lokacij VM MO0, MO1, NP1 (1), NP1 (2) in PP1 (zgoraj) ter VM PP2 (spodaj)	15
Slika 3: Prikaz lokacij VM NP4, PP4, NP5 in PP5 (zgoraj) in slika s terena VM NP4 (spodaj)	16
Slika 4: Prikaz lokacij VM NO3, NP6, PP6 (1), PP6(2; zgoraj levo); zgoraj desno je slika s terena VM PP6 (1); spodaj pa lokaciji VM MO2 in MO3	17
Slika 5: Prikaz povprečne pokrovnosti bregov	23
Slika 6: Prikaz povprečne hitrosti toka na posameznih VM	28
Slika 7: Prikaz povprečne globine vode na posameznih VM	29
Slika 8: Prikaz števila osebkov na posameznem vzorčnem mestu	32
Slika 9: Prikaz številčnosti posameznega reda glede na vsa vzorčna mesta	32
Slika 10: Prikaz zastopanosti posameznih redov glede na posamezna VM	33
Slika 11: Prikaz deležev posameznega reda na posameznem VM	33
Slika 12: Prikaz zastopanosti posamezne družine iz reda Ephemeroptera glede na posamezna VM	34
Slika 13: Prikaz zastopanosti posamezne družine iz reda Plecoptera na posameznem VM	34
Slika 14: Prikaz zastopanosti posamezne družine iz reda Trichoptera na posameznem VM	35
Slika 15: Prikaz zastopanosti posamezne družine iz razreda Oligochaeta na posameznem VM	35
Slika 16: Prikaz zastopanosti posamezne družine iz razreda Gastropoda na posameznem VM	36
Slika 17: Prikaz zastopanosti družine Sphaeriidae iz razreda Bivalvia (levo) in zastopanosti osebkov iz reda Odonata (desno) na posameznem VM	36
Slika 18: Prikaz zastopanosti posamezne družine iz reda Diptera v razvojnem stadiju larve na posameznem VM	36
Slika 19: Prikaz zastopanosti posamezne družine iz reda Diptera v razvojnem stadiju bube	

na posameznem VM	37
Slika 20: Prikaz zastopanosti posamezne družine iz reda Coleoptera v razvojnem stadiju larve na posameznem VM	37
Slika 21: Prikaz zastopanosti posamezne družine iz reda Coleoptera v razvojnem stadiju odraslega osebka (imago) na posameznem VM	38
Slika 22: Prikaz zastopanosti roda Gammarus (levo) in taksona Hydracarina (desno) na posameznem VM	38
Slika 23: Vrednosti posameznega vzorčnega mesta	40
Slika 24: Ordinacijski diagram razporeditve VM.....	44

KAZALO PRILOG

Priloga A: Prikaz lokacij Ref1 – PP5

Priloga B: Prikaz lokacij NP4 – MO3

Priloga C: Obrazec za terenski popis indeksa RCE (1. – 6. parameter)

Priloga D: Obrazec za terenski popis indeksa RCE (7. – 16. parameter)

Priloga E: Obrazec za terenski popis abiotskih dejavnikov

Priloga F: Obrazec za terenski popis anorganskega in organskega substrata

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

D – družina (-e)

DOF – digitalni ortofoto (posnetki)

MI – makroinvertebrati

MIZ – makroinvertebratska (-e) združba (-e)

OP – obrežni pas

TIV – tujerodne invazivne vrste

S-W – Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks

VM – vzorčno mesto

VT – višji takson (-i)

1 UVOD

Naravna zgradba strug vodotokov se zelo spreminja. Sama količina in kakovost vode v vodotokih je odvisna od dejavnikov in procesov, ki potekajo tako na prispevnem območju in v obrežnem pasu (OP) kot tudi v sami strugi. Dejavniki (npr. pogostost in količina padavin ter taljenje snega) kot tudi procesi (npr. razkrajanje organske snovi) imajo velik vpliv na ekološko stanje vodotoka. Voda iz gorskih predelov pogosto svojo pot nadaljuje v ravninske, pri čemer prihaja do združevanja vodotokov nižjega reda v vodotoke višjega reda. Količina vode v strugah nižinskih vodotokov je večja, daljši pa je tudi njen zadrževalni čas.

Ljudje smo sprva živeli v sožitju z naravo. Vodotoki in druga vodna telesa so bili vir pitne vode in zato nujno potrebni za preživetje. Človek je gradil bivališča le na območjih, ki so bila varna pred poplavami (izogibali smo se npr. poplavnim ravnicom). Kasneje smo na takšnih območjih začeli kmetovati in graditi naselja, vendar smo se npr. z načinom gradnje posameznim območjem prilagodili in naravne zakone še vedno upoštevali. Sčasoma smo si začeli naravo prisvajati in z njo gospodariti ter jo oblikovati in usmerjati nam v prid.

Na območjih, ki so se nam zdela s takšnega ali drugačnega vidika uporabna, smo krajino začeli spreminjati na različne načine, npr. z izsekavanjem gozdov, izsuševanjem, zasipanjem močvirij itd. Območja smo si v večjem obsegu začeli prilasčati nekje v začetku dvajsetega stoletja, vendar sta se hitrost in obsežnost sprememb hitro stopnjevali. V začetku se nismo zavedali, da s svojim ravnanjem vplivamo na številne procese v naravi, med drugim tudi na vodni cikel in kroženje snovi. Z napredovanjem tehnike in znanosti nam vodotoki niso več služili le kot vir pitne vode, temveč smo jih začeli izrabljati npr. tudi za pridobivanje električne energije. Številni posegi so tako trajno spremenili vodotoke in njihovo okolico ter s tem spremenili mnoge procese, kar je med drugim povzročilo poplave. Ukrepi proti poplavam so številni in raznoliki in lahko zajemajo izgradnjo pregrad, ki omogočajo zadrževanje vode ali poglobljanje, oženje in tlakovanje struge z betonskimi bloki. Slednje preprečuje zadrževanje vode na območju in omogoča hitrejše odtekanje ter zmanjšuje verjetnost poplavljanja. S spremembami smo vplivali tudi na zmanjšanje sposobnosti samočiščenja rek, saj smo prekinili neposreden stik vode s podlago. V njej je namreč veliko mikroorganizmov, ki s svojim metabolizmom močno pripomorejo k samočiščenju vodotoka (Grabowski in Gurnell, 2016; Petersen, 1992).

Velik problem predstavlja tudi kmetijstvo. Zaradi intenzivne rabe OP za namene pašništva in prostega dostopa živali do vodotoka se stopnja erozije na takšnih območjih močno poveča (Moss, 2010). Če površine v bližini vodotoka niso namenjene pašništvu, lahko na teh območjih pogosto zasledimo obdelovalne površine. Vodotok namreč zagotavlja mikroklimo, kjer je vlažnost zraka višja in hkrati nudi vir vode v primeru hude suše. Na območjih ob vodotoku je pogosta tudi uporaba težke mehanizacije, ki v veliki meri pripomore k pospeševanju erozije (Grabowski in Gurnell, 2016). V obeh primerih torej lahko opazimo posege v pokrajino v bližini vodotoka.

Kmetje za potrebe pridelave velikih količin hrane pogosto posegajo po različnih sredstvih (npr. pesticidi in gnojila), ki jih pogosto uporabijo v prevelikih količinah. Zaradi neposredne bližine vodnega telesa se ta sredstva spirajo v vodotoke, kjer negativno vplivajo na zdravje ekosistema (Moss, 2010). Omejitveni element v vodnih telesih je

najpogosteje fosfor (P). V primeru spiranja gnojil v vodotok se koncentracija slednjega poveča, razmerje elementov se spremeni in omogoči spremembe v hitrosti rasti primarnih producentov in mikroorganizmov. Prav omenjene spremembe lahko vodijo v evtrofikacijo, ki je najpogosteje opazna v vodnih akumulacijah. Na teh območjih se voda zadržuje dlje časa in ima višjo temperaturo kot preostali del vodotoka, kar proces evtrofikacije še pospeši. Na takšnih območjih zaradi sprememb v hitrosti in vrsti ekoloških procesov postopoma začne primanjkovati kisika (Johnson in sod., 2012). Horsak in sod. (2009) so v svojem delu navedli, da se na spremenjenih območjih ustalijo organizmi, ki so na takšne razmere prilagojeni, medtem ko neprilagojeni poginejo ali emigrirajo.

S spreminjanjem vodotokov in prispevnega območja so močno povezane tudi degradacije in spremembe OP ter procesov v njem (Grabowski in Gurnell, 2016). S spreminjanjem krajine vplivamo na heterogenost habitatnih tipov v vodotoku ali ob njem ter posledično spreminjamo vrstno sestavo rastlinskih in živalskih združb na tem območju (Connolly in sod., 2016). Z mnogimi posegi in različnimi načini regulacij smo spremenili veliko območij, ki so prvotno varovala pred poplavami, saj so upočasnjevala hitrost toka in zadrževala velike količine vode.

Cilj magistrske naloge je raziskati in ugotoviti obsežnost problematike antropogenih morfoloških sprememb na strugi reke Gradaščice. V ta namen smo postavili naslednje hipoteze:

- pokrovnost lesnate vegetacije v OP dolvodno počasi upada, manjša je tudi na območjih v bližini naselij,
- dolvodno se število in delež invazivnih rastlinskih vrst v OP povečujeta,
- prisotnost vodnih makrofitov je v pozitivni korelaciji z diverziteto makroinvertebratske združbe (MIZ),
- kjer je raba prostora za obrežno vegetacijo manj naravna, je diverziteta makroinvertebratov (MI) manjša,
- morfološka spremenjenost vodotoka bo negativno vplivala na diverziteto MIZ.

2 PREGLED OBJAV

V veliki meri je naravna oblika struge vodotoka odvisna od geografskih danosti pokrajine. Razmerje med globino in širino struge je dinamičen dejavnik, ki je v največji meri odvisen od količine padavin. Omenjeni dejavnik ne vpliva le na količino vode v vodotoku, temveč tudi na količino organskega materiala, hitrost sedimentacije idr. Na stanje vodotoka močno vplivajo tudi prisotnost in vrstna zastopanost obrežne vegetacije ter procesi v strugi.

2.1 DEJAVNIKI V STRUGI

Na razmere za življenje organizmov na nekem območju vplivajo dejavniki okolja, ki imajo lahko direkten ali indirektn vpliv. Indirekten vpliv ima npr. zajezitev struge, saj se bo vpliv dejanja pokazal v nekem časovnem obdobju. Direktne dejavnike lahko razdelimo v tri skupine: fizikalne (npr. svetloba, toplota), kemične (npr. raztopljene anorganske in organske snovi) in biološke (ali biotske). Fizikalne in kemične dejavnike največkrat združujemo v skupino abiotskih dejavnikov oziroma dejavnikov okolja (pH, temperatura, kisik itd.). Biotski dejavniki so živi del narave. Temeljijo na odnosih med organizmi in tako omogočajo ali preprečujejo hkratni obstoj določenih organizmov na območju. Antropogeni vplivi so posledica človekove dejavnosti (Allan in Castillo, 2007; Arkema in sod., 2009).

2.1.1 Abiotski dejavniki

Abiotski dejavniki imajo velik vpliv na organizme, saj v grobem določajo, katere vrste organizmov bodo na določenem območju lahko uspevale/obstajale in katere ne. V to skupino dejavnikov v vodnih ekosistemih prištevamo npr. koncentracijo kisika, pH vode, prevodnost, hitrost toka, toploto, svetlobo, koncentracijo mineralnih snovi, prisotnost težkih kovin, tip substrata, globino vode itd. (Barko in sod., 1991; Barko in Smart, 1981; Blanchet in sod., 2008; Eggert in sod., 2012; Golovanova, 2011). S spreminjanjem dejavnikov v okolju se spreminjajo tudi interakcije med osebki iste (intraspecifične interakcije, znotrajvrstni odnosi) in/ali različnih (interspecifične interakcije, medvrstni odnosi) vrst. Spremembe interakcij med osebki lahko spremenijo dinamičnost prehranjevalnih verig in vplivajo na številčno zastopanost posamezne taksonomske skupine (Blanchet in sod., 2008).

Ugotovili smo, da je kamninska podlaga na preučevanem območju dokaj enotna (Geopedia Tla, http://www.geopedia.si/?params=T153_vT_b4_s9#T153_x499072_y112072_s9_b4). Izmenjujejo se plasti karbonatov (dolomitizirani apnenec, apnenec), prodnih nanosov in klastitov, dolvodno od Bokalškega jezua so prisotni tudi jezerski sedimenti. Iz podatkov o geološki podlagi lahko sklepamo, da so v vodotoku v največji meri raztopljeni karbonatni ioni (npr. CaCO_3). Kamninska sestava neposredno vpliva na pH vode, prevodnost ter vrednosti TDS, posredno pa tudi na druge dejavnike (npr. temperaturo). pH vode nakazuje prisotnost in koncentracijo posameznih ionov in se največkrat giblje okoli vrednosti 7, kar je nevtralna vrednost vode. Poleg kamninske podlage je odvisen tudi od drugih dejavnikov, npr. fotosintezne aktivnosti rastlin. Slednje na vrednost vplivajo s koncentracijo CO_2 in

absorpcijo ionov HCO_3^- . Ob višjih koncentracijah CO_2 je pH vode nižji (Wetzel in Likens, 1991). Od pH vode so zelo odvisni mehkužci (*Mollusca*), saj se apnenec ob nizkih vrednostih hitreje raztaplja in zato preprečuje pojavljanje organizmov na območju. Nižje vrednosti pH torej bolj vplivajo na zmanjšanje aktivnosti oz. odsotnost organizmov kot povišane (Golovanova, 2011; Golovanova in Golovanov, 2011). Električna prevodnost je sposobnost prevajanja električnega toka v vodi. Odvisna je od temperature in koncentracije ionov v raztopini ter njihovih značilnosti. Velja, da je stopnja prevodnosti višja ob višji organski obremenjenosti vodotoka in v jesenskem času, ko v vodotoku poteka intenzivna razgradnja organskih snovi (Hauer in Hill, 1996). S prevodnostjo je močno povezana vrednost TDS (angl. total dissolved solids), ki predstavlja vrednost raztopljenih trdnih delcev, ki jo merimo v ppm (angl. parts per million).

Substrat, ki pokriva dno vodotoka, lahko glede na velikost delcev razdelimo v več različnih skupin. Prav velikost delcev je ključnega pomena za vodne MI in med drugim določa razmere za življenje v vodotoku. Največkrat so v gorskih delih vodotokov prisotni večji delci sedimenta (megalital), saj se manjši delci, ki jih uvrščamo v mikrolital, akal ali drobnejše teksturne razrede, zaradi erozije in transporta z vodnim tokom premeščajo proti nižinskim delom vodotoka. Hitrost vodnega toka močno vpliva na hitrost erozije, slednja pa vpliva tudi na nekaj drugih dejavnikov v strugi (npr. na svetlobo). Stopnja erozije ima lahko velik vpliv na funkcije v ekosistemu in vpliva na celotno ekologijo in hidrologijo vodotoka (Grabowski in Gurnell, 2016).

Hitrost vodnega toka je dejavnik, ki določa mesta akumuliranja organskih in anorganskih snovi v vodotoku. Sama sedimentacija lahko strugo močno spremeni (Grabowski in Gurnell, 2016). Carol in sod. (2006) v svojem delu navajajo, da je stopnja akumulacije na umetno urejenih območjih večja kot na naravnih. Visoka stopnja akumuliranja lahko vodi v pojav poplav in v splošno spremembo hidroloških in ekoloških značilnosti vodotoka (Moss, 2010). Preprečevanje poplav lahko zagotovimo s hitrim odtekanjem vode iz območja (Petersen, 1992) ali njenim zadrževanjem. Na območjih, kjer si zadrževanja vode želimo, smo reko zajezili in s tem povečali sedimentacijo mulja, ter delcev CPOM (angl. coarse particulate organic matter oz. večjih delcev organskega materiala) in FPOM (angl. fine particulate organic matter oz. finih delcev organskega materiala) delcev. Na območjih akumulacij so višje tudi lokalne koncentracije težkih kovin, ki so problematične predvsem z vidika vstopa v prehransko verigo. Na hitrost spreminjanja in raztapljanja težkih kovin v akumulacijah vplivata temperatura in pH vode. Ob povečanih koncentracijah težkih kovin v organizmih se encimatska aktivnost zmanjša, kar lahko vodi v smrt osebkov. Treba je izpostaviti tudi dejstvo, da so različne taksonomske skupine različno občutljive na prisotnost težkih kovin kot tudi na vrsto le-teh (Golovanova, 2011; Golovanova in Golovanov, 2011). Na nepretočnih delih vodotoka (tudi akumulacijah) je višja tudi prevodnost, kar je posledica večje koncentracije delcev FPOM (Eggert in sod., 2012). Na območjih akumulacij se koncentracija kisika zniža, medtem ko se temperatura vode poviša. Slednje vodi v spremembe življenjskih združb vodnih organizmov in pojava evtrofnosti (Carol in sod., 2006). Nasprotje evtrofnega je oligotrofni sistem, ki mu organskih snovi primanjkuje. Sistema se zelo razlikujeta v zgradbi življenjske združbe.

Količina kisika v vodotoku je povezana s temperaturo vode, zračnim tlakom, stopnjo fotosinteze ter aktivnostjo mešanja. Ob večji aktivnosti mešanja se v vodi raztopi večje število molekul kisika, zato je v mirnih predelih struge njegova koncentracija nižja (Hauer

in Hill, 1996). Omejitvenih dejavnikov za fotosintetsko aktivnost je več. V nekaterih delih sveta je glavni omejitveni dejavnik led, drugod pa pregosta razraščena plavajočih vodnih makrofitov ali izredno visoka stopnja erozije (Barko in Smart, 1981). Koncentracija kisika v vodotoku je odvisna tudi od stopnje organskega onesnaževanja oziroma stopnje razkrajanja organskih snovi, pri čemer imajo glavno vlogo mikroorganizmi (Hauer in Hill, 1996). Stopnja fotosintetske aktivnosti je odvisna od vrste primarnega producenta, a spremembe v aktivnosti rastlin (ne glede na vrsto) so opazne v dnevnih in sezonskih cikliih. Različne vrste vodnih MI so na koncentracije različno občutljive, a nobena izmed njih ne more preživeti dlje časa v popolni odsotnosti kisika. V idealnih razmerah je koncentracija kisika v vodi med 12 in 14 mg/L, nasičenost vode s kisikom je lahko več kot 100 %. V večini neobremenjenih vodotokov je nasičenost s kisikom nad 80 % (Hauer in Hill, 1996).

Eden izmed najpomembnejših dejavnikov v vodotoku je temperatura. Na temperaturo vodotoka vplivajo sončno sevanje, klima in hidrološki parametri v vodotoku. V močno zasenčenih vodotokih imata glavno vlogo pri določanju temperature vode temperatura zraka in podtalnice (Hauer in Hill, 1996). Že Agersborg (1930) je v svojem delu navedel, da so migracije organizmov pogoste in da potekajo iz hladnejših v toplejše dele rek. Reprodukativno obdobje živali in vegetativna doba rastlin sta odvisna od temperature vodotoka in sta v toplejših delih reke daljša in hitrejša. Spremembe temperature se dogajajo tudi v popolnoma naravnih vodotokih, kjer so dnevna nihanja lahko višja od 5 °C, v spremenjenih pa so nihanja temperature mnogo večja. Hitre spremembe temperature so še posebej opazne na osončenih predelih manjših naravnih vodotokov. Ob spremembi temperature vodnega telesa se spremenijo lastnosti vode, npr. koncentracija raztopljenega kisika. Spremembe, ki nastopijo ob spremembi temperature vode, so lahko na videz majhne, a imajo za ekosistem velike posledice, npr. spremembo diverzitete na območju (Hauer in Hill, 1996).

Pomemben dejavnik je tudi svetloba oz. UV-sevanje, ki predstavlja pomemben stresni dejavnik in narekuje vzorce pojavljanja in dnevnih migracij organizmov. Veliko vlogo pri senčenju struge ima obrežna vegetacija, zato njena odstranitev poleg dviga temperature vpliva tudi na spremembe habitata. Osvetljenost vodotoka se močno spreminja diurnalno in sezonsko, pogosto je njena stopnja večja v bližini naselij, saj je tam obrežna vegetacija pogosto odstranjena. Osenčenost naravnega vodotoka z listopadno obrežno vegetacijo je v hladnejšem delu leta manjša, a je takrat manjša tudi moč UV-sevanja. Na intenziteto svetlobe vplivata tudi koncentraciji CPOM in FPOM (Hauer in Hill, 1996) ter erozija. Ob visoki kalnosti vodotoka se svetloba ob prodiranju skozi vodo odbija od delcev v vodnem stolpcu. Zmanjšana intenzivnost svetlobe v strugi vpliva na številne procese (npr. fotosintezo) in vidljivost plena (Barko in Smart, 1981; Moss, 2010). Omeniti je treba tudi, da visoka gostota majhnih delcev v vodi lahko vpliva na zdravstveno stanje organizmov, predvsem rib. Te imajo telo prekrto s sluzjo, ki jih varuje pred mehanskimi poškodbami. Ob visokih koncentracijah trdnih delcev prihaja do poškodb in kasnejšega razvoja bolezni. Zaradi poškodovanih tkiv so bolezni lahko prenosljive, zato lahko število osebkov prizadete vrste močno upade.

Živali se sončevemu sevanju v večji meri izogibajo aktivno, čeprav so znani tudi primeri prilagoditev. Ena izmed njih je opazna pri sladkovodnem polžu vrste *Physa acuta*, katerim se s starostjo debelina hišice veča in služi kot fotoprotektor. Aktivno izogibanje UV-

sevanju je razloženo z vertikalnimi premiki živali znotraj vodnega telesa glede na samo moč sevanja (Olson in Barbieri, 2013).

Če je eden izmed zgoraj omenjenih abiotskih dejavnikov izven meja tolerance organizma, se ta na območju ne bo pojavljal. Iz prisotnosti nemobilnega organizma lahko sklepamo, da so vsi dejavniki znotraj meja njegove tolerance, medtem ko je njegova odsotnost posledica neugodnih razmer. Pri mobilnih organizmih je odsotnost posledica migracije, vendar ne moremo z gotovostjo trditi, da je to posledica neugodnih razmer, saj je njihova odsotnost lahko zgolj naključje. Iz odsotnosti mobilnega organizma torej lahko sklepamo manj kot iz njegove prisotnosti. Prisotnost hrane in vnos hranil v sistem sta drugotnega pomena, če niso izpolnjeni drugi pogoji za življenje. Veliko vlogo pri vnosu in kroženju hranil igrata tudi prisotnost primarnih producentov in mikroorganizmov (Eiler in sod., 2013; Johnson in sod., 2012; Moss, 2010).

2.2 VLOGA OBREŽNE VEGETACIJE IN PRISPEVNEGA OBMOČJA

Primarni producenti se na določena območja naseljujejo glede na topografijo, vodni režim in strukturne kompleksnosti območja, pri čemer veliko vlogo igrata zasenčenost in tip substrata (Arkema in sod., 2009). Struge se med seboj močno razlikujejo glede na vrstno pestrost vegetacije. Sama vrstna pestrost se spreminja glede na višinski gradient, podnebje ter glede na obsežnost in pogostost posegov v okolje. Na življenjske razmere v vodotoku imata velik vpliv tako obrežna kot tudi vodna vegetacija. Oba tipa sta vir detrita in hrane, poleg pomembne vloge v prehranjevalnih verigah pa imata tudi druge vloge (Flores in sod., 2014).

Kadar govorimo o avtohtoni organski snovi v vodotoku, govorimo o vodni vegetaciji. Vodno vegetacijo lahko razdelimo na makrofite in mikrofite. Med mikrofite uvrščamo različne vrste alg, ki jih ločimo na fitoplankton in perifiton (Allan in Castillo, 2007). Številčnost teh se lahko ob visoki koncentraciji hranil močno poveča, kar je opazno predvsem v akumulacijah in delih vodotoka s stoječo ali počasi tekočo vodo (Barko in Smart, 1981). Nekatere vrste organizmov v okolje izločajo metabolne produkte, ki so lahko toksični in predstavljajo nevarnost za zdravje ljudi. V tem primeru je povzročena velika ekonomska škoda, saj je takšna voda popolnoma neuporabna za pitje, kopanje ali kmetijstvo. Vodni makrofiti so rastline, ki rastejo v vodi, in so vidni s prostim očesom, njihova kolonizacija je v veliki meri odvisna od mikrotopografije območja (npr. velikosti delcev sedimenta; Barko in sod., 1991). Poleg same topografije območja na prisotnost makrofitov v veliki meri vpliva tudi osenčenost vodotoka. Že Barko in Smart (1981) v svojem delu navajata, da so prisotnost vegetacije, tip razrasti ter stopnja fotosinteze v veliki meri odvisni od stopnje osenčenosti in temperature. V ugodnih razmerah se sorazmerno poveča tudi stopnja fotosinteze. Vpliv vodnih rastlin je manjši od vpliva kopenskih, a vseeno ni zanemarljiv, saj vplivajo na koncentracijo O₂, pH vode in senčenje struge ter so vir hrane, habitata in/ali skrivališč za vodne živali (Nguyen in sod., 2015).

Obrežna vegetacija predstavlja pufersko območje med prispevnim območjem in vodnim telesom ter štiti slednje pred različnimi vplivi. Skrbi tudi za zmanjševanje vnosa hranil ter količine vode v vodotok in vpliva drugih dejavnikov iz prispevnega območja (Grabowski in Gurnell, 2016) ter za vnos naravnih zadrževalnih struktur, npr. palic ali večjih kosov

lesa (Petersen, 1992). Poleg tega vpliva tudi na senčenje struge, vnos organskih snovi in stopnjo erozije. Pri vsem tem moramo poudariti, da je učinkovitost opravljanja omenjenih funkcij močno odvisna od gostote, širine in sklenjenosti obrežne vegetacije (Connolly in sod., 2016; Petersen, 1992). Senčenje struge je z vidika uravnavanja temperature manjših vodnih teles in zagotavljanja heterogenosti ekoloških niš izrednega pomena (Barko in Smart, 1981), saj so nekateri organizmi na svetlobo bolj občutljivi kot drugi (Arkema in sod., 2009). Na odsekih vodotoka, kjer je obrežna vegetacija slabo razvita ali je ni, so temperature vode za nekaj stopinj višje kot na območjih, kjer je prisotna.

Alohtoni material v ekosistem prihaja iz sosednjih (kopenskih) sistemov. V tem primeru je to opad obrežne vegetacije, ki ga je v primerjavi s količino avtohtonega materiala v reki bistveno več. Blanchette in sod. (2014) v svojem delu navajajo, da alohtoni material v veliki meri vpliva na lastnosti vodotoka ter prehranjevalnih verig in da je zato gonilo vodnega sistema. Obrežna vegetacija vpliva na metabolno ravnovesje in učinkovitost delovanja vodnega ekosistema, s količino organskega opada pa tudi na kisikove razmere v vodotoku. Glede na vrsto vegetacije se spreminjajo kakovost (npr. bolj ali manj bogat vir dušika), vrsta (listje, les), čas (diurnalno, sezonsko) in sama količina organskih snovi (Flores in sod., 2014; Mineau in sod., 2012). Vnos organskih snovi se lahko močno poveča ali zmanjša zaradi človekovih posegov v območje ali v primeru naravnih ujm.

Organske snovi, ki pridejo v vodotok, se na določenih mestih akumulirajo. Hitrost akumuliranja organskega materiala je odvisna od hidravlike vodotoka ter količine in hitrosti potopitve organskega materiala. Količina in kakovost le-tega močno vplivata na ekološko stanje vodotoka in procese v njem (Eggert in sod., 2012; Flores in sod., 2014). Sami procesi so v veliki meri odvisni tudi od zaloga energije oziroma hranil ter njihovega vnosa in iznosa. Hranila so zelo pomembna in potrebna za življenjske funkcije ekosistema, kot sta npr. respiracija in razgradnja organskih snovi. S prekomernim vnosom snovi v enega od sistemov ali iznosom iz njega lahko vplivamo na druge sisteme, če prvi na drugega vpliva s prenosom organske mase in/ali premiki organizmov (Mineau in sod., 2012).

Hitrost razgradnje organske snovi je odvisna od koncentracije kisika, temperature in same zmožnosti razgradnje snovi (Eggert in sod., 2012; Mineau in sod., 2012). Proces razgradnje v anaerobnih pogojih ne poteka (Moss, 2010). Če je kisik prisoten, imajo glavno vlogo pri razgradnji organskih snovi in posledično pri kroženju hranil v sistemu mikroorganizmi. Ti tvorijo zelo kompleksne združbe, sposobne različnih metabolnih procesov, za katere porabljajo velike količine kisika (Johnson in sod., 2012). Mikroorganizmi v veliki meri izboljšujejo kvaliteto vode v ekosistemih ter z različnimi metabolnimi procesi vplivajo na povečanje oz. zmanjšanje dostopnosti hranil in prostih elektronskih akceptorjev (Eiler in sod., 2013) ter pospešujejo samočiščenje vodotoka. Z regulacijami lahko močno vplivajo tudi na prisotnost organizmov, ki živijo v sedimentu in se na količino in vrsto prisotnih hranil zelo hitro odzivajo (Flores in sod., 2014). Glede tovrstnih tem je bilo narejenih že veliko raziskav, vendar jih bo za dobro razumevanje potrebnih še mnogo več (Blanchette in sod., 2014).

V primeru človeških posegov v pas obrežne vegetacije lahko poleg sprememb v kvaliteti in kvantiteti organskega materiala opazimo tudi spremembe v stopnji erozije. Ta je v strugah z naravnimi bregovi praviloma nižja, saj korenine vegetacije, odmrle veje in večji kamni

sediment zadržujejo na mestu in preprečujejo njegovo odnašanje. Erozijska je na takšnih območjih manj obsežna kot na tistih, kjer je obrežna vegetacija odsotna (Petersen, 1992). Takšna so npr. območja, kjer so izvedli sanacijo obrežnega pasu in odstranili obrežno vegetacijo. Na njih erozijska sprva poteka počasi, a se njena razsežnost zaradi odnašanja kamenja in razpadanja koreninskega sistema odstranjenih rastlin postopoma povečuje. Območje sčasoma postane vedno bolj degradirano in brez vegetacije, na takšnih območjih pa se nato naselijo bodisi pionirske ali invazivne rastlinske vrste (Moss, 2010). Ob spremembi vegetacije v OP lahko pričakujemo spremembe v kvaliteti in kvantiteti organskih snovi v vodotoku. Degradirana območja poleg vizualnih sprememb (npr. prisotnost meandrov, tolmunov in brzic) vplivajo tudi na spremembe temperature vodotoka, razmer senčenja, kvantitete in kvalitete organskega materiala, hidravlike, kisikovih razmer itd.

Vsaka tujerodna vrsta ni invazivna. Taka postane v primeru, če lahko dane razmere izkorišča bolje kot domorodna vrsta (npr. boljše izrabljanje hranil, več potomcev itd.). Če je tega zmožna, pride do izpodrivanja domorodne vrste in posledično do velikih sprememb bodisi v sestavi združbe, kroženju snovi itd. (Blanchet in sod., 2008). Vsaka rastlinska vrsta ima namreč značilno razmerje elementov v posameznih rastlinskih delih, zato se lahko značilnosti vnosa hranil s spremembo vrst, ki predstavljajo obrežno vegetacijo, močno spremenijo. Organski opad se razlikuje v hitrosti razgradnje, rastlinske vrste pa v sposobnosti senčenja, preprečevanja erozije itd. (Mineau in sod., 2012; Nguyen in sod., 2015). Pogosto je razlog za uspešnost alohtonih vrst dejstvo, da na novem območju nimajo naravnih sovražnikov, zato naravno uravnavanje številčnosti populacije ne poteka. Sama prisotnost invazivnih vrst lahko privede tudi do funkcionalnih ali strukturnih sprememb ekosistema, kar vpliva na funkcionalne ali strukturne spremembe drugega, bližnjega sistema, s katerim je prvi tako ali drugače povezan (Mineau in sod., 2012; Nguyen in sod., 2015).

Na degradiranih območjih začne potekati sukcesija, kar pomeni, da prazne ekološke niše zasedejo organizmi, ki jih uvrščamo med pionirske vrste. To so vrste, ki so bodisi glede življenjskih razmer zelo nezahtevne ali pa imajo nekatere druge lastnosti (npr. hitro rasti), ki jim omogočajo zasedanje proste ekološke niše. Med pionirske vrste lesnatih vrst rastlin štejemo tiste, ki jih uvrščamo v naslednje rodove: *Salix*, *Populus*, *Alnus*, *Betula*, *Juniperus* in *Pinus* (Falinski, 1986) ter *Rubus* sp. Ob napredovanju sukcesije se zastopanost in številčnost pionirskih vrst počasi povečujeta in se nato zmanjšata, ko območje začnejo naseljevati vrste, ki spremenjene razmere lahko izkoriščajo bolje kot pionirske, vendar so počasnejše v rasti. Takšne vrste sčasoma postanejo močni kompetitorji pionirskim in jih zato izrinejo iz rastišča. Vedno pogosteje se na praznih ekoloških nišah začnejo pojavljati invazivne rastlinske vrste, kot je npr. *Robinia pseudoaccacia*. Le-ta ima na vodno telo velik vpliv, saj njeni listi vsebujejo visoke koncentracije dušika, ki ga rastlina črpa iz okolja (Athey in Connor, 1989). Ker je listopadna vrsta, del dušika vsako leto vrača v okolje z odpadnimi listi, veliko večja koncentracija dušika pa se v okolje sprosti v procesu razgradnje osebka po njegovi smrti.

2.3 VLOGA MAKROINVERTEBRATOV V TEKOČIH VODAH

2.3.1 Vloga makroinvertebratov

Na prisotnost in številčnost organizmov v določenem habitatu, oziroma ekosistemu močno vplivajo abiotski in biotski dejavniki. Kombinacija obojih določa razmere za življenje, in če je eden izmed dejavnikov izven meja tolerance organizma, se ta na območju ne bo pojavljal. Sorazmerno s povečanjem količine odmrle organske snovi se spremenita tudi številčnost in zastopanost posamezne skupine organizmov. Na prisotnost organizmov imata velik vpliv tako heterogenost habitatnih tipov v vodotoku kot sezonskost (Abdel-Gawad in Mola, 2014; Malozzi in sod., 2013; Nyugen, 2015). Velja, da se ob večji heterogenosti habitatnih tipov poveča tudi vrstna pestrost organizmov. Pestrost habitatnih tipov je treba obravnavati na več ravneh, upoštevati je treba namreč tako raznolikost in rabo prispevnega območja, karakteristike vodotoka (brzice, tolmane, meandre itd.) kot tudi tip substrata ter vnos hranil (Petersen, 1992).

Vodne MI uvrščamo v pet prehranskih skupin: strgalci, filtratorji, plenilci, drobilci in detritivori. Strgalci (npr. Gastropoda) imajo v okolju pomembno vlogo in jih najpogosteje najdemo na območjih, kjer so objekti prerasli s perifitonom. Filtratorji (npr. ličinke dipteroev - *Simuliidae*) so organizmi, ki hrano pridobivajo s pomočjo filtriranja vode. Najdemo jih na območjih, kjer je prisotnih veliko suspendiranih delcev, stopnja erozije in hitrost vodnega toka pa nista preveliki. Plenilci (npr. Odonata) so zelo pomemben člen verige, saj uravnavajo številčnost ostalih prehranskih skupin organizmov v sistemu. Med plenilce štejemo tudi herbivore in parazite (npr. Hirudinea), ki parazitirajo na organizmu ali v njem celotno življenje ali le v posameznem stadiju. Detritivori (npr. *Gammarus*) se prehranjujejo z odmrlim organskim materialom, ki je čez leto različno pogosto zastopan. Največ organskega materiala je v vodotoku prisotnega v pozno poletnem in jesenskem času, zato je takrat številčnost detritivorov največja. Če se eden izmed dejavnikov okolja močno spremeni ali se v prostor naselijo invazivne vrste, lahko v kratkem časovnem obdobju pride do popolne spremembe zastopanosti organizmov iz posameznih prehranskih skupin (Moss, 2010).

MIZ so zelo kompleksne. Plenilci bodo na primer plenili plen, za katerega so specializirani (bodisi z vidika tehnike lovljenja ali z vidika hranilne vrednosti) in ne presega določene velikosti ali je najlažje dosegljiv (npr. zaradi številčnosti). V primeru, da je koncentracija hrane nizka, se bodo prilagodili drugemu tipu hrane ali pa bodo migrirali na drugo, boljšo lokacijo. Če tega niso sposobni, bo njihova številčnost upadla. Ključnega pomena pri stopnji plenjenja je tudi prisotnost skrivališč: ob njihovi odsotnosti se namreč ta močno poveča (Arkema in sod., 2009; Fischer in sod., 2013).

Poleg delitve na prehranske skupine lahko MI obravnavamo tudi glede na življenjske razmere, ki jim omogočajo prisotnost. Na sestavo bentoške združbe močno vpliva tip substrata. Združbe na muljastem substratu so taksonomsko zelo enotne, imajo relativno nizko abundanco in majhno biomaso (Abdel-Gawad in Mola, 2014). Najpogostejši predstavniki, ki jih na takšnem substratu najdemo, so iz taksonov Chironomidae in Oligochaeta (Moss, 2010). Na takšnih območjih so filtratorski organizmi (npr. *Simuliidae*) odsotni, saj se njihovi filtrirni organi zaradi velikega števila majhnih delcev v vodi

zamašijo. Za takšne mezohabitate je zato značilna zelo homogena razporeditev organizmov, kar je posledica relativno stabilnega in homogenega habitata. Na območjih, ki so prekrita s kamnitim substratom, pa je bentoška združba taksonomsko veliko bolj raznolika in prostorsko neenakomerno razporejena. Razlog za to so predvsem spremenljive razmere (npr. različni tipi substrata, hitrosti vodnega toka, prevračanje delcev substrata itd.). Višja številčnost organizmov na takšnem območju je posledica intersticijskih prostorov, ki služijo kot mikrohabitati in zavetja mnogim vrstam MI. Ob pojavu erozije in sedimentacije so prav ti mikrohabitati najbolj prizadeti, saj drobni sediment prodre v intersticijske prostore, jih zasuje ter tako negativno vpliva na diverziteto MIZ (Grabowski in Gurnell, 2016).

Do velikih sprememb v pestrosti in številčnosti organizmov pa lahko pride tudi zaradi velikih sprememb morfoloških razmer v vodotoku (npr. tlakovanje struge z betonskimi bloki). Ob tem Horsak in sod. (2009) navajajo, da je prisotnost organizmov v veliki meri odvisna od tipa, starosti in stanja struge, ki je bila spremenjena. Zaradi sprememb značilnosti vodotoka se spremenijo življenjske razmere na odseku, kar vodi tudi v spremembo vegetacije in živalske združbe ter ekoloških procesov (Johnson in sod., 2012; Moss, 2010). Na prisotnost skupin MI imata vpliv tudi prisotnost in zastopanost ribjih vrst (Blanchet in sod., 2008).

2.3.2 Spremljanje stanja (monitoring) in antropogeni vplivi na vodotok

Informacije o kvaliteti vodnih sistemov so največkrat kombinacija informacij, zbranih z večletnimi meritvami fizikalnih, kemijskih in biotskih parametrov. V zadnjem času si za pridobivanje podatkov o kvaliteti vode pogosto pomagamo s pomočjo analize združbe MI in primarnih producentov (Malozzi in sod., 2013). Fizikalne in kemijske meritve ter analize nam dajo vpogled v trenutno stanje vodotoka, pestrost MI pa v stanje vodnega telesa glede na daljše časovno obdobje, vendar te analize ne kažejo natančnih rezultatov (Moss, 2010). Za tovrstni monitoring je treba najprej pridobiti podatke o preučevanih organizmih. Znanstveniki so raziskali njihove zahteve glede habitata in lastnosti življenjskega okolja, njihove prehranske navade, območja razširjenosti, pogoje za razmnoževanje itd. Zaradi naštetih dejstev, lahko na podlagi organizmov v vzorcu sklepamo na razmere, ki ob najdbi organizma vladajo v vodotoku.

Znanstveniki so razvili tudi številne biotske indekse, ki nam pomagajo oceniti stanje vodotoka. Najpogosteje uporabljena sta Shannon- Wienerjev (S-W) in Simpsonov indeks. Za nadaljnje raziskave najpogosteje obravnavamo organizme iz redov Ephemeroptera (E), Plecoptera (P) in Trichoptera (T), ki jih skupno označimo z EPT. Njihovi predstavniki pripadajo vsem prehranskim skupinam in so poleg tega občutljivi na nekatere abiotske dejavnike in polutante (Suleiman in Abdullahi, 2011; Sultana in Kala, 2012). Navedeni taksoni veljajo za bioindikatorske organizme, z njihovo zastopanostjo lahko med drugim izračunamo EPT-indeks. Po drugi strani pa so predstavniki iz nekaterih skupin (npr. Oligochaeta) prilagojeni širokemu spektru razmer, zato jih v večino analiz ne vključujemo (Moss, 2010), saj praktično nimajo bioindikatorske vrednosti. Z beleženjem prisotnosti vodnih organizmov lahko spremljamo ekološko stanje vodotoka in njegovega prispevnega območja ter na dolgi rok ugotavljamo vplive sprememb, ki so bile izvedene na teh

območjih. Ob preučevanju združb bentoških MI spremljamo abundanco, gostoto in diverzitetu prisotnih taksonov. Na prisotnost in številčnost organizmov močno vplivajo tudi antropogeni dejavniki (Cumberlidge in sod., 2009). Poznavanje biologije organizmov lahko uporabimo za vrednotenje stanja in izračun saprobnega indeksa. Slednji temelji na identifikaciji vodnih MI do nivoja vrste. Zaradi enostavnosti so v ta namen začeli uporabljati tudi biotske indekse, ki temeljijo na določanju do nivoja družin. Bioindikatorske vrednosti organizmov, smo dodelili s pomočjo dela Sultana in Kala (2012) in za posamezna VM določili vrednost indeksov BMWP in ASPT.

Malozzi in sod. (2013) navajajo, da je treba referenčni vzorec za analizo vzeti na lokaciji, kjer so antropogeni dejavniki odsotni ali so le minimalno prisotni. Ker je včasih vpliv antropogenih dejavnikov težko opaziti, bi bilo za ta namen vzorce treba vzeti iz celotnega območja raziskave ter jih analizirati. Tistega, ki bi nakazoval najmanjše onesnaženje, bi nato vzeli kot referenčnega. Ker bi bil opisan proces zahteven in časovno potraten, tega ne počnemo, ampak izberemo mesto, ki teoretično ustreza pogojem. Ostale vzorce na terenu največkrat vzamemo na mestih, ki so bodisi lahko dostopni ali pomembni za našo raziskavo. Pomembno je tudi, da je vzorčenje na vseh VM opravljeno na enak način, torej z isto intenziteto, v enakem časovnem okviru in z enakim orodjem.

V prihodnosti se načrtuje še veliko posegov v okolje, zato je raziskovanje korelacij med spremembami v vodotokih in spremembami njihovih biotskih ter abiotskih elementov zelo pomembno. Stanje spreminjanja vodotoka je treba spremljati daljše časovno obdobje (večletni monitoring) in hkrati izvajati mnoge analize. Slednje nam dajejo dober vpogled v stanje kakovosti ter v abiotske in biotske procese, ki se odvijajo v vodotoku (Malozzi in sod., 2013). Prav tako s takšnim pristopom lahko vidimo spremembe v taksonomski zastopanosti posameznih organizmov, ki živijo v strugi ali v njeni neposredni bližini (Horsak in sod., 2009). S tovrstnimi raziskavami lahko ugotavljamo kakovost življenjskega prostora ter kvaliteto vode, ki je osnova za vse življenje. Pridobljeno znanje lahko uporabljamo tudi na drugih področjih znanosti, ki so tako ali drugače povezana z biologijo. Če bi izvajali več tovrstnih raziskav in bi svoje znanje zelo poglobili, bi morda lahko vnaprej predvideli določene scenarije ter in ocenili škodo oz. korist posamezne spremembe, ki jo želimo narediti v okolju. Večina trenutnih regulacij na vodotokih se izvaja v namene izboljšanja poplavnne varnosti, pridobivanja električne energije ali namakanja kmetijskih površin.

3 MATERIAL IN METODE

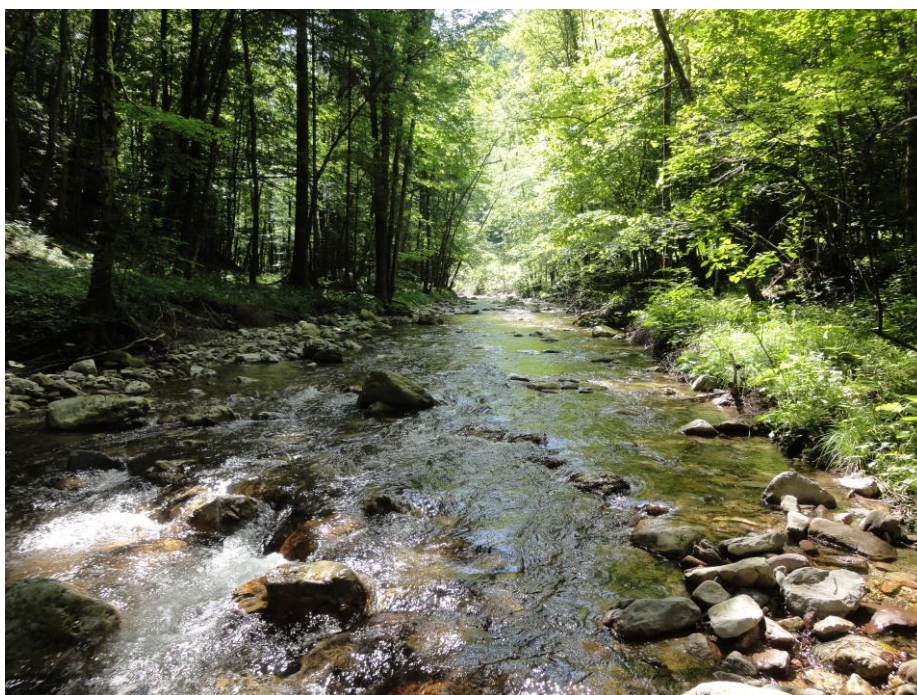
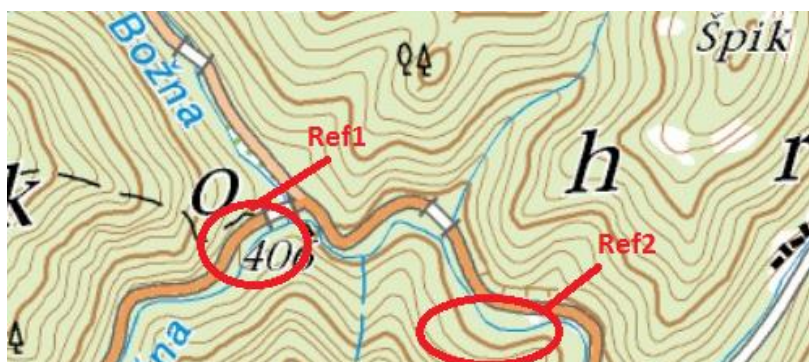
Lokacije vzorčnih mest (VM) na rekah Velika Božna in Gradaščica smo izbrali glede na cilje in namene naloge. Najbolj upoštevan parameter je bila prisotnost antropogenih vplivov, zato smo izbrali tako lokacije, kjer so ljudje spremenili morfološke in hidromorfološke razmere v reki (npr. jo zajezili ali njeno dno prekrili z betonskimi bloki), kot tudi lokacije, kjer posegov v vodotok ni bilo. Slednja VM smo obravnavali kot referenčna. Lokacije smo na terenu preverili 29. 5. 2015 ter jim dodelili oznake glede na stanje morfoloških razmer, ki so razvidne iz zemljevidov (www.geopedia.si; Priloga A in B).

Kot referenčni VM smo na podlagi digitalnih ortofoto posnetkov (DOF) določili dve lokaciji, in sicer Ref1 in Ref2. Po pregledu VM na terenu, smo v to kategorijo uvrstili tudi VM PP2 in NO3. Oznaka PP označuje VM pod pregrado, NO pa VM brez antropogenih sprememb struge. Na vseh omenjenih lokacijah so antropogeni vplivi precej oddaljeni ali pa njihov vpliv na izbranem odseku VM ni viden v strugi. Stanje na teh mestih smo primerjali s stanjem na 10 popisnih mestih z oznakami: NP1 (1), NP1 (2), PP1, PP2, NP4, PP4, NP5, PP5, NP6 in PP6 (2); kjer oznaka NP pomeni nad pregrado in na katerih je antropogeni vpliv opazen. Številka, ki sledi oznaki, ponazarja zaporedno število vzorčnega mesta, številke v oklepajih pa nakazujejo več pregrad (NP1 (1) in NP1 (2)) na vzorčnem mestu NP1 oziroma razdelitev struge (PP6 (1) in PP6 (2)) tik za VM NP6. Pregrade, ki se nahajajo tik pod VM NP oziroma cca 10 m nad VM PP, so bile v največ primerih zgrajene iz pripeljanih velikih skal, ponekod utrjenih z betonom, ali pa je bila celotna pregrada narejena iz betona. Pregrade so bile zgrajene z namenom akumuliranja vode v vodotoku. Pogosto je bil odsek vodotoka utrjen zaradi izgradnje mostu in/ali za preprečevanje erozije. VM z oznakami MO0, MO1, PP6 (1), MO2 in MO3 so močno degradirana ali kanalizirana območja vodotoka. Oznaka MO nakazuje moteno okolje.

3.1 OPIS LOKACIJ

Kot prvo referenčno VM (Ref1; Slika 1) smo vzeli lokacijo s koordinatama 46,07990° N in 14,30028° E. Tik za tem VM je sotočje Male in Velike Božne. VM se nahaja v gozdu, od bližnje ceste na levem bregu je oddaljeno približno 35 m. Prispevno območje na desnem bregu pripada Polhograjski gori, na levem bregu pa je bolj ali manj na obrečni ravnici. V obeh primerih je poraslo z gozdom.

Drugo referenčno VM (Ref2; Slika 1) je na lokaciji s koordinatama 46,07754° N in 14,30591° E. VM leži približno 740 m dolvodno od VM Ref 1 in je od ceste (na levem bregu) oddaljeno približno 45 m. Na levem bregu je območje do ceste bolj ali manj na ravnini, nad cesto se dviga vzpetina Špik. Na desni strani se dviguje Polhograjska gora. Prispevno območje pokriva gozd.



Slika 1: Prikaz lokacij VM Ref1 in Ref2 (zgoraj) in slika s terena na VM Ref1 (spodaj)

MO0 (Slika 2) je lokacija s koordinatama $46,06630^{\circ}$ N in $14,31738^{\circ}$ E, ki se nahaja 1600 m dolvodno od VM Ref2. Na levem bregu sta na novo urejeno nasuto parkirišče ter hiša. Na desnem bregu prispevnega območja so vrtovi. Bregova struge sta utrjena s skalami in debli, z debli je utrjeno tudi dno struge. Pokrovnost obrežne vegetacije na VM je zelo majhna. Odsek struge je od lokalne ceste oddaljen približno 40 m.

MO1 (Slika 2) je lokacija s koordinatama $46,06527^{\circ}$ N in $14,31726^{\circ}$ E, ki se nahaja 120 m dolvodno od VM MO0. Na obeh bregovih so v veliki meri prisotni antropogeni vplivi. Na levem bregu struge sta urejena cesta in naselje, prisotna so tudi posamezna drevesa. Na desnem bregu prevladujejo vrtovi, prisotnih je nekaj dreves. Bregova struge sta betonirana, v samo strugo so bile v preteklosti navožene večje skale, ki služijo zaustavljanju hitrosti toka. Dno struge je tudi deloma tlakovano in utrjeno z debli. Odsek struge je od lokalne ceste oddaljen približno 10 m in ima gosto obrežno vegetacijo. Ob popisu MIZ smo na tem VM opazili sledove bele pene, kar nakazuje organsko onesnaževanje.

NP1 (1) (Slika 2) je lokacija s koordinatama $46,05770^{\circ}$ N in $14,31885^{\circ}$ E, ki se nahaja približno 1000 m dolvodno od VM MO1. Približno 320 m nad VM NP1 se v Gradaščico izlije Mala voda. Izjemoma smo se odločili, da bomo na lokaciji vzeli tri vzorčna mesta, saj sta bili na kratkem odseku prisotni dve pregradi, pri čemer je imela prva (NP1 (1)) manjši vpliv na zastajanje vode kot druga (NP1 (2)). Prispevno območje na levem bregu je polje, na desnem pa travnata površina in makadamska cesta. Na obeh bregovih je prisoten pas goste obrežne vegetacije. Dno in bregova struge so na videz naravni. Odsek struge je od makadamske ceste oddaljen približno 10 m, od lokalne ceste pa več kot 50 m.

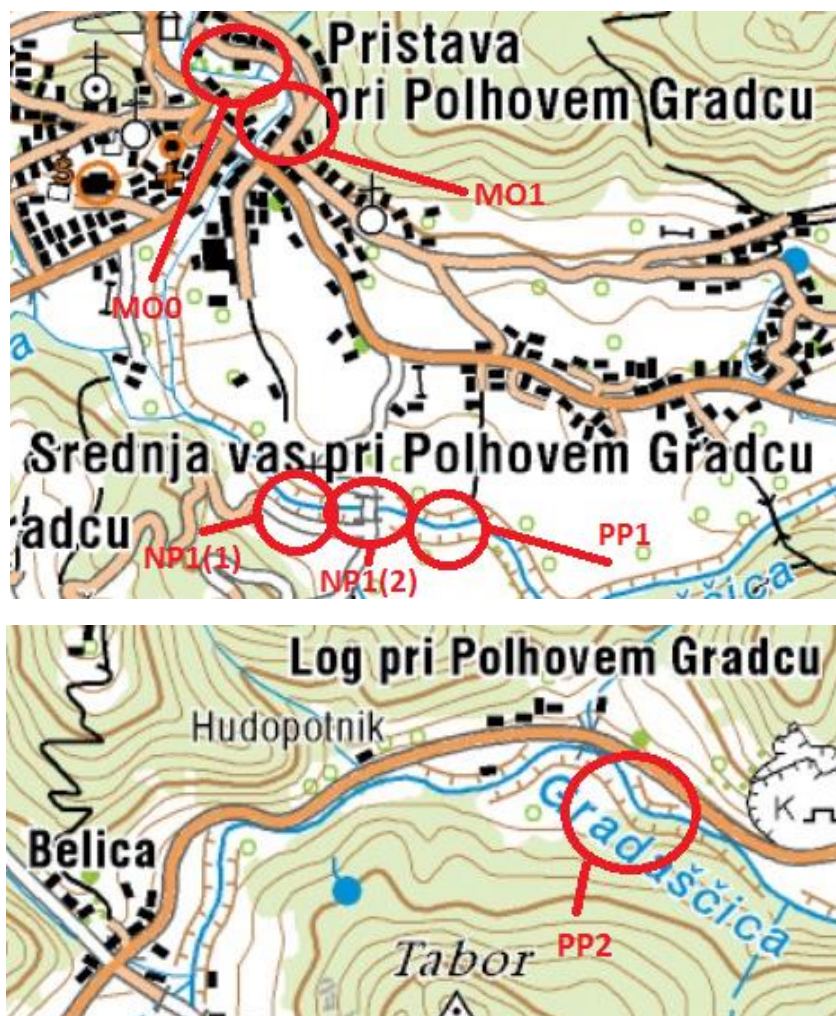
NP1 (2) (Slika 2) je lokacija s koordinatama $46,05782^{\circ}$ N in $14,32012^{\circ}$ E, ki se nahaja približno 100 m dolvodno od VM NP1 (1). Prispevno območje je enako kot na VM NP1 (1), vendar je na 100-metrskem odseku prisoten most, zaradi katerega je struga na tem delu utrjena. Preostanek struge in dno sta naravna, VM je gosto pokrito z obrežno vegetacijo. Od lokalne ceste je odsek vodotoka oddaljen več kot 50 m.

PP1 (Slika 2) je lokacija s koordinatama $46,05727^{\circ}$ N in $14,32240^{\circ}$ E, ki se nahaja približno 100 m dolvodno od VM NP1 (2). Gorvodno od VM PP1 so bile pripeljane večje skale z namenom zadrževanja vode. Prispevno območje na levem bregu sta travnik in makadamska pot, na desnem pa polje ter makadamska pot. Na obeh straneh je prisoten pas zmerno goste obrežne vegetacije. Dno struge in levi breg sta naravna, desni breg struge je deloma utrjen s skalami. Odsek struge je od makadamske poti oddaljen približno 10 m, od lokalne ceste pa več kot 50 m.

PP2 (Slika 2) je lokacija s koordinatama $46,07287^{\circ}$ N in $14,36488^{\circ}$ E, ki se nahaja približno 4000 m dolvodno od VM PP1. Prispevno območje na obeh bregovih predstavljajo travniki, dno in bregova so na videz naravni, VM je pokrito z gosto vegetacijo. Odsek struge je od lokalne ceste oddaljen več kot 50 m. VM smo obravnavali kot referenčno mesto.

NP4 (Slika 3) je lokacija s koordinatama $46,06071^{\circ}$ N in $14,40930^{\circ}$ E, ki se nahaja približno 4200 m dolvodno od VM PP2. Prispevno območje na desnem bregu poleg goste obrežne vegetacije predstavljajo travnate površine in cesta. Na levem bregu so gosta obrežna vegetacija, travnate površine in makadamska cesta, v bližini so tudi hiše naselja Šujica. Bregova struge sta na videz naravna, prav tako dno struge. Odsek struge je od lokalne ceste oddaljen približno 25 m.

PP4 (Slika 3) je lokacija s koordinatama $46,06020^{\circ}$ N in $14,41031^{\circ}$ E, ki se nahaja približno 150 m dolvodno od VM NP4. Prispevno območje na levem bregu struge predstavljajo vrtovi in nekaj dreves, celoten breg sta utrjen z betonskim zidom, ki preprečuje erozijo. Na desnem bregu sta pas zmerno goste obrežne vegetacije in polje, breg in dno struge sta naravna. Odsek struge je od lokalne ceste oddaljen več kot 50 m. V času vzorčenja smo na VM zaznali močan vonj po razkrajajoči se organski snovi.



Slika 2: Prikaz lokacij VM MO0, MO1, NP1 (1), NP1 (2) in PP1 (zgoraj) ter VM PP2 (spodaj)

NP5 (Slika 3) je lokacija s koordinatama $46,05840^{\circ}$ N in $14,41837^{\circ}$ E, ki se nahaja približno 650 m dolvodno od VM PP4. Prispevno območje na obeh bregovih je sestavljeno iz goste obrežne vegetacije in travnikov. Dno struge in bregova so navidezno naravni, z izjemo območja, ki je zaradi mostu utrjeno.

PP5 (Slika 3) je lokacija s koordinatama $46,05776^{\circ}$ N in $14,41920^{\circ}$ E, ki se nahaja 100 m dolvodno od VM NP5. Prispevno območje ter stanje bregov in dna sta enaka kot na VM NP5, VM PP5 je pokrito z gosto obrežno vegetacijo.

NO3 (Slika 4; zgoraj levo) je odsek s koordinatama $46,04762^{\circ}$ N in $14,44407^{\circ}$ E, ki se nahaja 2380 m dolvodno od VM PP5. Prispevno območje na obeh bregovih je poraslo z gosto obrežno vegetacijo, bregova in dno so na videz naravni. Odsek struge je od lokalne ceste oddaljen približno 40 m. VM smo obravnavali kot referenčno mesto.



Slika 3: Prikaz lokacij VM NP4, PP4, NP5 in PP5 (zgoraj) in slika s terena VM NP4 (spodaj)

NP6 (Slika 4; zgoraj levo) je lokacija s koordinatama $46,04519^{\circ}$ N in $14,44794^{\circ}$ E, ki se nahaja 500 m dolvodno od VM NO3. Prispevno območje je tako na levem kot na desnem bregu sestavljeno iz pasu goste obrežne vegetacije in travnikov. Bregova in dno struge so na videz naravni. Odsek struge je od lokalne ceste oddaljen več kot 50 m, v bližini poteka avtocesta. Ob vzorčenju smo zaznali rahlo motnost vode.

PP6 (1) (Slika 4; zgoraj levo) je lokacija s koordinatama $46,04495^{\circ}$ N in $14,45104^{\circ}$ E, ki se nahaja 360 m dolvodno po strugi Gradaščice. Prispevno območje na levem bregu je pas obrežne vegetacije, ki mu sledita ozek pas travnate površine in lokalna cesta. Prispevno območje na desnem bregu struge ima pas obrežne vegetacije, ki mu sledi travnik, porasel z gosto obrežno vegetacijo. Bregova in dno so kanalizirani. Odsek struge je od lokalne ceste oddaljen približno 20 m.

PP6 (2) (Slika 4; zgoraj levo) je lokacija s koordinatama $46,04490^{\circ}$ N in $14,44975^{\circ}$ E, ki se nahaja 180 m dolvodno od VM NP6 in je na strugi reke Mali graben. Prispevno območje levega brega sta ozek pas zmerno goste obrežne vegetacije in veliko makadamsko parkirišče, na desnem bregu je prispevno območje poleg ozkega pasu zmerno goste obrežne vegetacije še travnik. Levi breg struge je umetno utrjen, medtem ko sta dno in desni breg na videz naravna. Odsek struge je od lokalne ceste oddaljen približno 40 m.

MO2 (Slika 4; spodaj) je lokacija s koordinatama $46,04174^{\circ}$ N in $14,46438^{\circ}$ E, ki se nahaja 1340 m dolvodno po strugi Gradaščice od VM PP6 (1). Prispevno območje na desnem bregu je travnik, na levem pa stoji hiša. Bregova in dno struge so kanalizirani, obrežna vegetacija je redka, odsek struge je od lokalne ceste oddaljen približno 40 m.

MO3 (Slika 4; spodaj) je lokacija s koordinatama $46,04197^{\circ}$ N in $14,48310^{\circ}$ E, ki se nahaja 1700 m dolvodno od VM MO2. Približno 100 m gorvodno od omenjene lokacije se v strugo Gradaščice izliva reka Glinščica. Prispevno območje na obeh bregovih je travnik, obrežna vegetacija je redka. Na obeh bregovih je v bližini lokalna cesta, ki je od struge oddaljena približno 15 m.

Opisane lokacije si sledijo dolvodno po vrsti vse do odseka na Vrhovcih, ki je označen z NP6. VM PP6 (1), MO2 in MO3 se nahajajo na strugi reke Gradaščice, VM PP6 (2) pa je na Malem grabnu.



Slika 4: Prikaz lokacij VM NO3, NP6, PP6 (1), PP6(2; zgoraj levo); zgoraj desno je slika s terena VM PP6 (1); spodaj pa lokaciji VM MO2 in MO3

3.2 POPIS VEGETACIJE IN RCE-STANJA STRUGE

Terensko delo smo izvedli z namenom popisa vegetacije ter določitve RCE-stanja vodotoka na izbranih lokacijah. Na VM, ki so vključevala pregrade, smo popis vegetacije

in vrednotenje RCE-stanja pričeli približno 100 m nad pregrado ter ju zaključili približno 100 m pod njo. Na ostalih lokacijah, kjer pregrade niso bile prisotne, smo izbrali reprezentativno območje. Znotraj 100-metrskega pasu smo določili delež pokrovnosti vegetacije, popisali rastlinske vrste in določili delež le-teh. Primerjali smo tudi zastopanost domorodnih in tujerodnih ter nepionirskih in pionirskih rastlinskih vrst med posameznimi VM, saj vrstna pestrost vegetacije in pokrovnost območja močno vplivata na abiotске dejavnike in posledično na prisotnost MI.

Stanje vodotoka smo ocenjevali po metodi RCE, za kar smo potrebovali RCE-obrazec in GPS. Ocenjevanje stanja je zajemalo tri komponente: obrežni pas (Riparian), strugo (Channel) in ožje prispevno območje (Environment). Metoda je izpopolnjena za manjše vodotoke (< 3 m širine) in je uporabna predvsem na vodotokih, kjer so bile vsaj na nekaterih odsekih izvedene večje ali manjše antropogene spremembe morfoloških razmer. Stopnja degradiranosti naravnega habitatnega tipa oziroma spremenjenosti naravnih morfoloških razmer se ocenjuje na podlagi subjektivnega mnenja. Na splošno velja, da imajo odseki vodotokov, kjer je človek z različnimi posegi bolj spremenil naravne morfološke razmere (npr. z regulacijami), nižje število točk, struge z bolj naravnim videzom (bolj ohranjene), pa višje. Metoda ocenjuje tudi značilnosti obrežne vegetacije in rabo prostora v prispevnem območju. Vprašalnik je sestavljen iz skupno 16 vprašanj, vsako ima 4 podkategorije in vsaka od njih je ovrednotena z določenim številom točk (Prilogi C in D). Za namene magistrskega dela smo 14. parameter iz vprašalnika izpustili in zabeležili le prisotnost oz. odsotnost rib. Prva 3 vprašanja imajo največjo težo (ovrednotena so z najvišjim številom točk), saj je tu napaka zaradi subjektivnosti zelo majhna; ostala vprašanja k skupnemu seštevkcu doprinesejo manj točk, napaka zaradi subjektivnosti pa je lahko višja. Pri vrednotenju območja po omenjeni metodi si izberemo 100-metrške odseke vodotoka, se postavimo na sredino le-tega in ocenjujemo dane parametre po celotni dolžini odseka (Petersen, 1992).

Najpomembnejši dejavniki so torej raba obrežnega prostora za obrežno cono (RCE 1) ter širina (RCE 2) in sklenjenost (RCE 3) obrežne vegetacije. Za vse tri parametre je najvišje število točk 30 in najnižje 1. Območje obrežne vegetacije ima zelo pomembno vlogo, saj ločuje vodotok od prispevnega območja ter ublaži njegove vplive. Širina obrežne cone je odvisna od namembnosti zemljišča ob reki. Najmanjša še sprejemljiva širina OP je 10 m, vendar je širina, ki še omogoča primerne razmere glede zagotavljanja ustrezne količine hranil, približno 30 m (Petersen, 1992). Iz tega lahko sklepamo, da večina naših vodotokov nima ustrezne varnostne cone. Za lažje vrednotenje smo 1., 13., 15. in 16. parameter obravnavali ločeno, ostale pa smo zaradi večje preglednosti združili v dva ločena sklopa. Sklop, ki vključuje 2., 3. in 4. parameter, ovrednoti spremenjenost OP, sklop parametrov od točke 5 do 12 pa spremenjenost morfoloških razmer v strugi vodotoka.

Najvišji možni seštevke točk 2., 3. in 4. parametra je 85, najnižji pa 3. Najvišji možni seštevke točk pri ocenjevanju 5., 6., 7., 8., 9., 10., 11. in 12. parametra je 165, najnižji pa 8. S posameznimi parametri iz tega sklopa smo ocenjevali zadrževalne strukture v strugi, obliko struge, usedline, strukturo in spodjedanje bregov, videz in obliko kamnitega substrata, dno vodotoka ter prisotnost brzic, meandrov in tolmunov. Pri 13. parametru vrednotimo prisotnost in vrsto vodne vegetacije (najvišje možno število točk je 15, najnižje 1), pri 15. sestavo in prisotnost detrita (najvišje možno število točk je 25, najnižje 1) in s 16. prisotnost in raznolikost vodnih MI (najvišje možno število točk je 20, najnižje 1).

3.3 MERITVE ABIOTSKIH DEJAVNIKOV IN OPIS SEDIMENTA

Na vsakem VM smo zabeležili vremenske razmere in osenčenost struge. Na vseh VM smo izmerili tudi naslednje abiotске dejavnike vodotoka: širino struge, pH-vrednost, prevodnost, TDS, temperaturo, nasičenost s kisikom ter koncentracijo kisika. Znotraj 10-metrskega pasu struge, kjer smo izvedli vzorčenje, smo določili odstotno zastopanost posameznega tipa substrata in na podlagi tega izvedli vzorčenje.

3.4 VZORČENJE MAKROINVERTEBRATOV

Za namene vzorčenja MI smo potrebovali naslednjo opremo: tabelo za vnos abiotских dejavnikov (Priloga E), tabelo za popis substrata (Priloga F), zemljevid, ribiške škornje, grafitni svinčnik, banjico, mrežo za vzorčenje, plastične vrečke, 96 % etanol, meter, hidrometrično krilo, štoparico in Pauss papir. Vzorčenje MI je potekalo na 18 VM. Vzorci so bili na VM z oznako PP (z izjemo PP2) vzeti 10–20 metrov od začetka 100-metrskega pasu popisa vegetacije. Na ostalih VM (vključno s PP2) smo vzorce vzeli 80–90 m od začetka 100-metrskega pasu popisa vegetacije.

Pred vzorčenjem smo določili pokrovnost posameznega organskega in anorganskega tipa substrata, nato pa skladno z zastopanostjo le-teh izvedli vzorčenje. Vzorčenje je potekalo s pomočjo metode »kick sampling«, ki smo jo časovno omejili na 3 minute. Nabrani vzorec smo nato spravili v vrečko in ga fiksirali s 96 % alkoholom ter dodali oznako VM. Vzorce smo na ta način shranili do laboratorijske obravnave.

3.5 DOLOČANJE MAKROINVERTEBRATOV

Delo je potekalo v laboratoriju v prostorih Biotehniške fakultete, na oddelku za biologijo, katedri za ekologijo in varstvo okolja. Vzorce, ki so bili shranjeni v PVC-vrečkah, smo pregledali in sortirali MI. Osebkе smo najprej določili do redov in kasneje do nivoja družin. Za pomoč pri sortiranju MI smo potrebovali: pinceto, kapalko, lupo Leica MS5, lupo Motic SM7-140, mikroskop Olympus CX41, luč, plastično banjico, Pauss papir, fije, elektronski števec, alkohol (80 %) in vato.

Pomagali smo si tudi z naslednjimi določevalnimi ključi:

- Dobson M., Pawley S., Fletcher M., Powell A. 2012. Guide to freshwater invertebrates, Freshwater biological association,
- Jäger E. J., Werner K. 2000. Exkursionsflora von Deutschland, Bd. 3 Gefäßpflanzen: Atlasband,
- Tachet H., Richoux P., Bournaud M. 2010. Invertebres d'eau douce – Systematique, biologie, ecologie.

3.6 STATISTIČNE ANALIZE

Vse podatke smo vnesli v program Microsoft Excel, s katerim smo izračunali podatke o zastopanosti oziroma deležu MI, TIV, domorodnih vrst, nepionirskih in pionirskih vrst na posameznih VM. Zbrane podatke o MI smo povzeli v grafih, ločeno po posameznih višjih taksonih. Za posamezna VM smo opravili tudi analizo zastopanosti posameznega višjega taksona in številčnosti osebkov, ki so jim pripadali.

3.6.1 Diverzitetni indeksi

Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks (H' ; ...1) je indeks, ki je v ekologiji najbolj razširjen za podajanje diverzitete življenjskih združb. Indeks ni odvisen od površine, na kateri so bili nabrani vzorci, ampak upošteva relativno abundanco vsakega taksona na izbranem odseku. Velja, da je ob višji vrednosti H' diverziteta na območju večja. Indeks je odvisen tudi od določanja taksonomskega nivoja organizmov, zato smo indeks izračunali na nivoju višjih taksonov in na nivoju družin (Kerckhoff, 2010; Shannon in Weaver, 1949; Urbanič in Toman, 2003).

$$H = \sum_{i=1}^s - (P_i * \ln P_i) \quad \dots (1)$$

H' – diverziteta

p_i – delež i -tega taksona

s – število taksonov

Simpsonov diverzitetni indeks (D ; ...2) temelji na verjetnosti, da dva naključno izbrana osebkoma iz vzorca pripadata istemu taksonu (Kerckhoff, 2010). Vrednosti indeksa so med 0 in 1, pri čemer 1 nakazuje največjo pestrost na območju, 0 pa na najmanjšo.

$$D = \frac{N(N - 1)}{\sum n(n - 1)} \quad \dots (2)$$

D – diverziteta

n – število osebkov določene vrste

N – število vseh osebkov na VM

3.6.2 Biotski indeksi

Izračunali, oziroma določili smo naslednje biotske indekse: EPT, BMWP in ASPT. Indeks EPT nam pove, kakšna je kvaliteta vodotoka glede na delež zastopanosti posamezne družine na posameznem VM. Predpostavka za uporabo tega načina vrednotenja je velika pestrost družin. Za potrebe vrednotenja stanja vodotoka smo prešteli število družin na vsakem izmed VM, izračunali delež družin glede na celotni vzorec in nato odsek umestili v enega izmed razredov (Smith in sod., 2015).

Za vrednotenje stanja vodotoka z indeksom BMWP (Bio-monitoring working party index) je treba MI določiti do nivoja družin. Vsaka izmed družin ima dodeljeno vrednost med 1 in 10 (vrednost 9 je izpuščena; če družina nima indikatorske vrednosti, je njen prispevek k skupni vsoti 0). Organizmi so v skupine razdeljeni glede na toleranco oz. občutljivost na organsko obremenjenost vodotoka. Med bolj občutljive tako uvrščamo redove Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera in Odonata, vendar je njihova indikatorska vrednost odvisna od tega, kateri družini pripadajo. Zaradi vpliva velikosti podzorca smo vpeljali vrednost ASPT (Average Score Per Taxon), ki nam za posamezni vodotok pokaže bolj realno stanje onesnaženosti. Na dobro stanje vodotoka oz. na neobremenjen vodotok kažejo vrednosti BMWP nad 100 ali vrednosti ASPT nad 4,5 (Suleiman in Abdullahi, 2011; Sultana in Kala, 2012; Urbanič in Toman, 2003).

3.6.3 Izračun korelacij med okoljskimi dejavniki in zgradbo MIZ

S pomočjo Spearmanovih korelacijskih koeficientov smo izračunali korelacije med okoljskimi dejavniki (število in pokrovnost TIV in domorodnih vrst, vrednost RCE, abiotski dejavniki in tipi substrata) ter zgradbo MIZ. Analizo smo izvedli s programom PAST (Hammer in sod., 2001). Nekateri podatki (RCE) so bili intervalnega tipa in posledično nenormalno porazdeljeni, zato smo uporabili Spearmanove korelacijske koeficiente (r_s). Kjer je v preglednicah $r_s > 0$, je korelacija med določenim okoljskim dejavnikom in združbo MI (številčnostjo, diverzitetjo) pozitivna, kjer je $r_s < 0$, pa gre za negativno korelacijo.

3.6.4 Preučevanje vpliva okoljskih dejavnikov na taksonomsko sestavo MIZ

Vpliv okoljskih dejavnikov na sestavo MIZ in njegovo intenzivnost smo preverjali z redundančno analizo (RDA, angl. Redundancy Analysis), ki smo jo opravili s programskim paketom Canoco 4.5 (Braak in Šmilauer, 2002). Ker je bilo okoljskih spremenljivk več kot VM, smo jih združili v skupine, kot so prostorski podatki (pokrovnost vegetacije, TIV, domorodne vrste, RCE itd.), substrat, kemijsko-fizikalni podatki, hidromorfološki podatki itd., in testirali njihov vpliv na strukturo MIZ z vnaprejšnjo izbiro spremenljivk. Program je v vsakem krogu naredil 999 permutacij. V drugem krogu smo upoštevali le dejavnike, katerih p je bil v prvem krogu $< 0,1$. V tretjem krogu smo upoštevali najbolj statistično značilne dejavnike ($p < 0,05$) iz drugega kroga. Na podlagi dejavnikov, ki so imeli statistično značilen vpliv na strukturo MIZ, smo izdelali tudi ordinacijski diagram.

3.6.5 Primerjava diverzitete med posameznimi skupinami odsekov

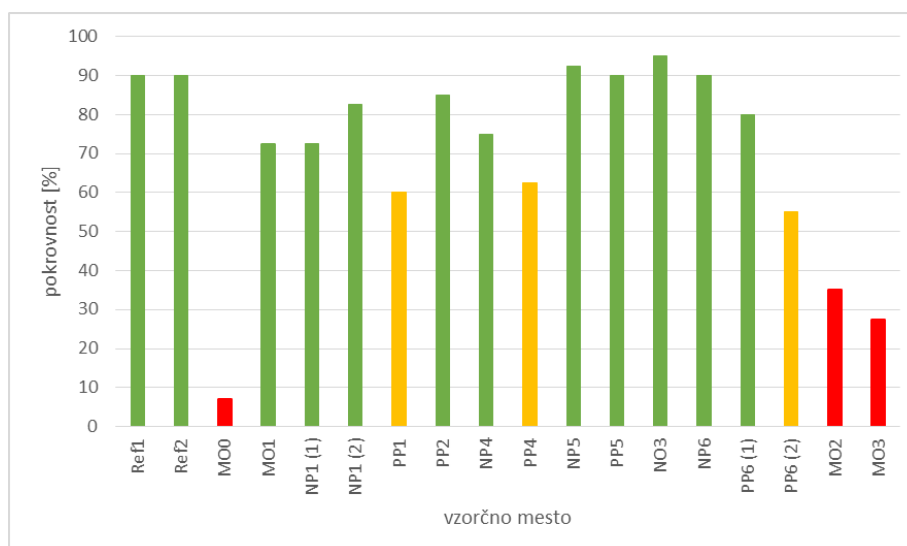
Po opravljenih analizah in pregledu podatkov, smo podatke s posameznih vzorčnih mest za lažjo primerjavo razvrstili v štiri skupine glede na spremenjenost morfoloških razmer vodotoka oziroma intenzivnost in vrsto človeškega vpliva. Razdelili smo jih na: referenčna območja, motena okolja, območje nad pregrado in območje pod pregrado. Med posameznimi skupinami smo izvedli statistične analize, s katerimi smo preverjali razlike v diverziteti (Kruskal-Wallisov test).

4 REZULTATI

Pomembne spremembe v MIZ so odraz hidromorfoloških sprememb, ki smo jih ovrednotili z izbranimi abiotskimi in ekomorfološkimi dejavniki. Posebno pozornost smo namenili tudi popisu prispevnega območja in strukturi ter zastopanosti obrežne vegetacije.

4.1 VEGETACIJA

Na 18 VM na rekah Veliki Božni in Gradaščici smo naredili popis vegetacije OP. Popisali smo pokrovnost vegetacije v odstotkih (Slika 5). Na splošno lahko opazimo, da je pokrovnost bregov z obrežno vegetacijo razmeroma visoka. Za lažji prikaz smo rezultate razvrstili v tri razrede: gosta obrežna vegetacija (delež pokrovnosti med 70 in 100 %; zeleni stolpci), zmerno gosta vegetacija (pokrovnosti med 40 in 69 %; rumeni stolpci) in redka vegetacija OP (pokrovnosti med 0 in 39 %; rdeči stolpci). Opazimo lahko večja nihanja v zastopanosti vegetacije predvsem na območjih naselij in nižji delež pokrovnosti na večini VM MO.



Slika 5: Prikaz povprečne pokrovnosti bregov

Iz Preglednice 1 je razviden seznam rastlinskih vrst. Najpogosteje zabeležene vrste so: *Acer pseudoplatanus* (zabeležena na 16 VM), *Alnus glutinosa* (15), *Cornus sanguinea* (15), *Fraxinus excelsior* (15) in *Salix alba* (15). Najmanjkrat (le 1-krat) smo zabeležili naslednje vrste: *Acer platanoides*, *Berberis vulgaris*, *Daphne mezereum*, *Fagus sylvatica*, *Pinus nigra*, *Pinus sylvestris*, *Pyrus* sp., *Rhamnus fallax*, *Rosa canina*, *Sorbus aria*, *Sorbus aucuparia*, *Viburnum lantana* in *Rhus typhina*. Največ vrst na posameznem VM smo zabeležili na lokacijah NP4 (27 vrst) ter PP1 in NP6 (22 vrst), najmanj pa na VM MO2 (2 vrsti).

Preglednica 1: Seznam rastlinskih vrst obrežne vegetacije na posameznih VM

Seznam vrst/VM	Ref 1	Ref 2	MO0	MO1	NP1 (1)	NP1 (2)	PP1	PP2	NP4	PP4	NP5	PP5	NO3	NP6	PP6 (1)	PP6 (2)	MO2	MO3	število
Domorodne vrste																			
<i>Abies alba</i>	1	1																	2
<i>Acer campestre</i>		1						1	1				1		1				5
<i>Acer platanoides</i>		1																	1
<i>Acer pseudoplatanus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			16
<i>Aesculus hippocastanum</i>					1	1							1			1			4
<i>Alnus glutinosa</i>	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	15
<i>Alnus incana</i>		1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			13
<i>Berberis vulgaris</i>	1																		1
<i>Carpinus betulus</i>	1	1		1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1				13
<i>Cornus sanguinea</i>	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			15
<i>Corylus avellana</i>	1	1			1		1	1	1	1	1	1		1	1	1			12
<i>Crataegus laevigata</i>		1		1			1	1						1		1			6
<i>Crataegus monogyna</i>		1			1														2
<i>Daphne mezereum</i>	1																		1
<i>Euonymus europaea</i>		1						1	1				1	1	1				6
<i>Euonymus latifolia</i>					1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			11
<i>Fagus sylvatica</i>	1																		1
<i>Fraxinus excelsior</i>	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			15
<i>Hedera helix</i>	1	1						1					1						4
<i>Humulus lupulus</i>					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			12
<i>Juglans regia</i>						1			1	1									3
<i>Ligustrum vulgare</i>					1		1	1	1	1	1	1				1			8
<i>Lonicera nigra</i>	1	1																	2
<i>Lonicera xylosteum</i>	1	1							1	1	1	1							6
<i>Malus sp.</i>		1							1										2
<i>Ostrya carpinifolia</i>		1				1	1	1		1	1	1			1				8
<i>Picea abies</i>	1	1		1		1		1	1										6
<i>Pinus nigra</i>			1																1
<i>Pinus sylvestris</i>											1								1
<i>Prunus sp.</i>				1			1		1	1									4
<i>Populus nigra</i>						1	1				1	1	1	1		1			7
<i>Pyrus sp.</i>		1																	1
<i>Prunus domestica</i>									1		1	1						1	4
<i>Quercus robur</i>								1	1					1					3
<i>Rhamnus fallax</i>	1																		1
<i>Rosa canina</i>					1														1
<i>Rubus sp.</i>			1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1		13
<i>Salix alba</i>			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	15
<i>Salix caprea</i>							1		1			1							3
<i>Salix cinerea</i>					1	1								1					3
<i>Salix eleagnos</i>					1	1	1						1						4
<i>Salix fragilis</i>	1													1					2
<i>Salix purpurea</i>						1			1	1		1			1				5
<i>Sambucus nigra</i>				1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1			12

se nadaljuje

nadaljevanje preglednice 1: Seznam rastlinskih vrst obrežne vegetacije na posameznih VM

Seznam vrst/VM	Ref 1	Ref 2	MO0	MO1	NP1 (1)	NP1 (2)	PP1	PP2	NP4	PP4	NP5	PP5	NO3	NP6	PP6 (1)	PP6 (2)	MO2	MO3	število	
Domorodne vrste																				
<i>Sorbus aria</i>		1																		1
<i>Sorbus aucuparia</i>	1																			1
<i>Tilia platyphyllos</i>						1			1					1	1					4
<i>Ulmus sp.</i>	1	1			1	1	1	1	1			1		1		1				10
<i>Viburnum lantana</i>	1																			1
<i>Viburnum opulus</i>	1				1	1		1	1		1	1		1		1				9
TIV																				
<i>Fallopia japonica</i>					1	1	1				1			1	1	1	1	1		9
<i>Impatiens glandulifera</i>					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				12
<i>Rhus typhina</i>										1										1
<i>Robinia pseudacacia</i>															1	1				2
Skupno število vrst	19	21	5	9	21	21	22	21	27	20	20	21	18	22	19	19	2	4		

Preglednica 2: Prikaz številčnosti in deleža pionirskih oz. nepionirskih in tujerodnih oz. domorodnih rastlinskih vrst na posameznih VM ter povprečnih vrednosti

VM	št. vrst	pionirske vrste		nepionirske vrste		domorodne vrste		tujerodne vrste	
		število	delež	število	delež	število	delež	število	delež
Ref1	20	2	10,0	18	90,0	20	100,0	0	0,0
Ref2	22	1	4,5	21	95,5	22	100,0	0	0,0
MO0	5	2	40,0	3	60,0	5	100,0	0	0,0
MO1	9	2	22,2	7	77,8	9	100,0	0	0,0
NP1(1)	22	5	22,7	17	77,3	20	90,9	2	9,1
NP1(2)	22	7	31,8	15	68,2	20	90,9	2	9,1
PP1	22	6	27,3	16	72,7	20	90,9	2	9,1
PP2	22	3	13,6	19	86,4	21	95,5	1	4,5
NP4	28	5	17,9	23	82,1	27	96,4	1	3,6
PP4	20	4	20,0	16	80,0	18	90,0	2	10,0
NP5	21	5	23,8	16	76,2	19	90,5	2	9,5
PP5	22	6	27,3	16	72,7	21	95,5	1	4,5
NO3	18	5	27,8	13	72,2	17	94,4	1	5,6
NP6	23	6	26,1	17	73,9	21	91,3	2	8,7
PP6(1)	19	4	21,1	15	78,9	16	84,2	3	15,8
PP6(2)	20	4	20,0	16	80,0	17	85,0	3	15,0
MO2	2	0	0,0	2	100,0	1	50,0	1	50,0
MO3	4	2	50,0	2	50,0	3	75,0	1	25,0
povprečje	17,8	3,8	22,6	14,0	77,4	16,5	90,0	1,3	10,0

Iz Preglednice 2 je razvidno, da je bilo največ zabeleženih rastlinskih vrst na VM NP4 (28) in najmanj na VM MO2 (2). Povprečno število zabeleženih vrst na posameznem VM je 17,8. Največje število pionirskih vrst je bilo zabeleženih na VM NP1 (2), vendar je to predstavljalo le 31,8 % vseh vrst na območju. Najvišji delež pionirskih vrst smo zabeležili na VM MO3, kjer so predstavljale kar 50 % vegetacije. Popolno odsotnost pionirskih vrst smo zabeležili na VM MO2, najnižji neničelni delež (le 4,5 %) pa na VM Ref2. Povprečno število predstavnikov pionirskih vrst na posameznem VM je bilo 3,8, povprečni odstotek zastopanosti pa 22,6 %. Glede na prej navedene podatke je pričakovano, da smo na VM MO2 zabeležili 100% delež nepionirskih vrst in na VM Ref2 95,5%. Najnižji delež nepionirskih rastlin smo pričakovano zabeležili na VM MO3, kjer smo poleg VM MO2 zabeležili tudi najnižje število nepionirskih vrst. Povprečno število nepionirskih vrst na posameznem VM je bilo 14,0, delež zastopanosti pa 77,4%. Vse do VM PP6 (1) smo na VM zabeležili več kot 90 % delež domorodnih rastlinskih vrst, dolvodno pa med 84 in 50%. Izmed izbranih VM tujerodne niso prevladovali na nobenem (na VM MO2 sta deleža domorodnih in tujerodnih vrst enaka), zabeležili pa smo jih na vseh VM dolvodno od VM NP1 (1). Najvišje število domorodnih rastlinskih vrst smo zabeležili na VM Ref2, najnižje pa na MO2. Povprečno število domorodnih vrst na posameznem VM je bilo 16,5, s povprečnim deležem zastopanosti 90,0%. Najvišje število tujerodnih rastlinskih vrst smo zabeležili na VM PP6 (1) in PP6 (2), kjer smo zabeležili po 3 tujerodne vrste. Najvišji odstotek tujerodnih vrst smo zabeležili na VM MO2 (50 %). Povprečno število tujerodnih vrst na posameznem VM je bilo 1,3, povprečni delež pa 10,0%.

4.2 VREDNOTENJE VODOTOKA PO RCE-METODI

Pri vrednotenju značilnosti posameznih odsekov na VM smo dobili vrednosti, ki so prikazane v Preglednici 3. Iz rezultatov je razvidno, da smo najvišje število točk dodelili referenčnima VM Ref1 in Ref2 (330 točk), ki jima sledi VM NO3 (263 točk). Po RCE metodi ocenjevanja imajo najnižjo vrednost VM MO0 (126), MO2 (109,5) in MO3 (107). Najnižjo vrednost izmed VM, kjer struga ni kanalizirana imajo VM NP4 (175), PP4 (171) in PP6 (2) (165,5).

Opazimo lahko, da je raba prostora za obrežno cono (RCE 1) zelo spremenjena oziroma je intenzivna na VM MO0, MO1, NP1 (1), NP1 (2) in MO3, medtem ko je na VM Ref1, Ref2 in NO3 le-ta naravna ali pa so spremembe oziroma vplivi človeka komaj zaznavni. Najvišjo zastopanost vodne vegetacije (RCE 13) lahko opazimo na VM Ref1 in Ref2, najnižjo pa na VM NP5 in PP6 (1). Na prvem VM je opazna večja akumulacija, na PP6 (1) pa je razlog za odsotnost vodne vegetacije v spremenjenosti morfoloških razmer, ki je posledica urejanja vodotoka. Detrit (RCE 15) je dolvodno pogosto prisoten. Na VM Ref1, Ref2, PP5, NO3 in NP6 večinoma sestoji iz listja in lesa, organske usedline so odsotne. Na VM MO1, PP6 (1), MO2 in MO3 lesa in listja nismo opazili, prav tako niso zabeležili anoksičnih razmer. Zastopanost višjih taksonov vodnih MI (RCE 16) je na vseh VM z izjemo VM MO1 ovrednotena z najvišjim možnim številom točk.

V sklopu 2–4 smo ocenjevali širino cone obrežne vegetacije, njeno sklenjenost in sestavo; z njimi smo vrednotili spremenjenost OP. Opazili smo, da je najboljše stanje na VM Ref2,

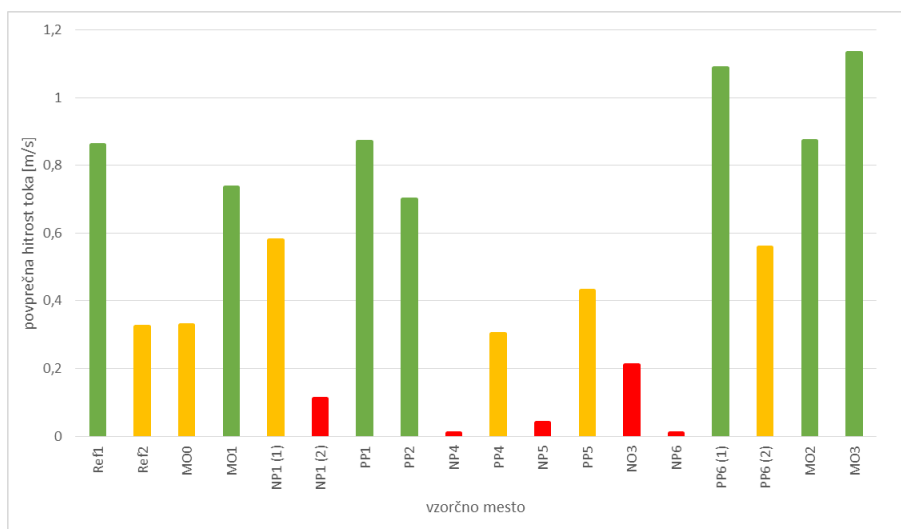
po seštevku točk pa izrazito izstopajo VM MO (MO0, MO2 in MO3), ki so ovrednotena z najnižjim številom točk. S sklopom parametrov, ki zadevajo spremenjenost morfoloških razmer v strugi vodotoka (5–12), smo ocenjevali zadrževalne strukture v strugi, obliko struge, usedline, strukturo in spodjedanje bregov, videz in obliko kamnitega substrata, dno vodotoka ter prisotnost brzic, meandrov in tolmunov. Opazimo lahko, da je stanje glede na omenjene parametre najboljše na referenčnih VM Ref1, Ref2 in PP2. Najnižje število točk smo zabeležili na VM PP6 (1), z dokaj visokim številom točk smo ocenili VM MO.

Preglednica 3: Prikaz seštevka točk v posameznih sklopih in celotnega seštevka točk, kot smo jih s pomočjo RCE-metode določili na posameznih VM

VM/par.	1	2 do 4	5 do 12	13	15	16	vsota
Ref1	30	75	165	15	25	20	330
Ref2	30	85	155	15	25	20	330
MO0	1	3	87	5	10	20	126
MO1	1	38	111	5	5	15	175
NP1 (1)	1	50	130	5	10	20	216
NP1 (2)	1	50	110	5	10	20	196
PP1	10	43	123	5	10	20	211
PP2	10	60	140	5	10	20	245
NP4	5,5	55	79	5	10	20	174,5
PP4	5,5	43	87	5	10	20	170,5
NP5	10	63	97	1	10	20	201
PP5	18	60	105	5	25	20	233
NO3	30	75	118	5	25	20	273
NP6	10	55	88	5	25	20	203
PP6 (1)	15	60	42	1	5	20	143
PP6 (2)	5,5	38	87	5	10	20	165,5
MO2	5,5	9	65	5	5	20	109,5
MO3	1	11	79	5	5	20	121

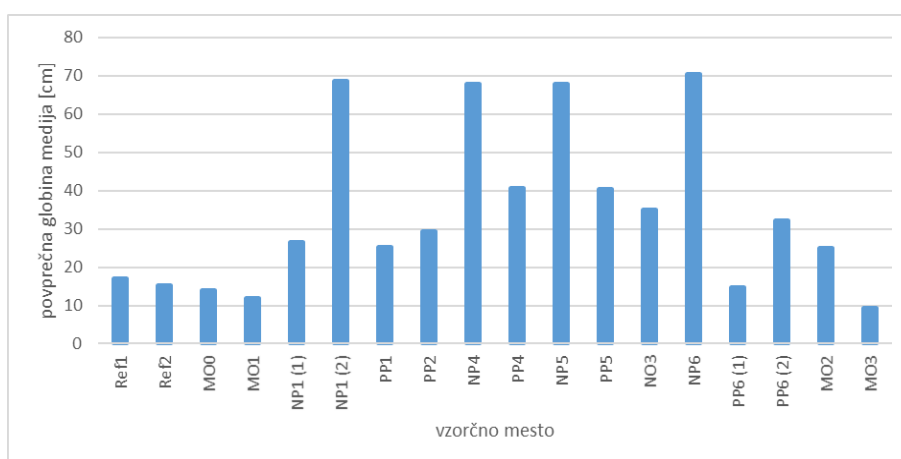
4.3 MERITVE ABIOTSKIH DEJAVNIKOV

Slika 6 prikazuje povprečne hitrosti toka, ki smo jih na VM izmerili s hidrometričnim krilom. Iz grafa lahko razberemo, da so hitrosti toka glede na izbrana VM različne, a so na VM NP vedno nižje kot na VM PP. Za lažji prikaz smo povprečne hitrosti toka razdelili v tri skupine, in sicer hitri (0,6–1,2 m/s; zeleni stolpci), zmerni (0,3–0,6 m/s; rumeni stolpci) in počasni tok oz. brez toka (0–0,2 m/s rdeči stolpci). Razvidno je, da je hitrost toka na VM NP4, NP5 in NP6 skoraj neznatna. Razlika v povprečni hitrosti toka med lokacijama Ref1 in Ref2 je očitna. Hitrost toka na prvem VM lahko primerjamo s hitrostjo toka na VM MO1, MO2 in MO3. Hitrost toka na VM Ref2 pa je veliko manjša in je primerljiva s hitrostjo toka na VM MO0 in PP4.



Slika 6: Prikaz povprečne hitrosti toka na posameznih VM

Iz Slike 7 je razvidno, da je povprečna globina vodotoka na VM NP praviloma večja kot na VM PP. Globina vodotoka je primerljiva na VM Ref in MO. Iz Slik 6 in 7 je razvidno, da je ob večji globini vode hitrost toka manjša in obratno. V Preglednici 4 so prikazane izmerjene pH-vrednosti vode, prevodnost, vrednost TDS in širina struge. Iz meritev je razvidno, da se širina struge od VM Ref1 počasi povečuje do VM NP4, se nato malo zmanjša in se nato močno poveča na VM NP6. Na slednjem VM je prisotna pregrada, ki med drugim loči Gradaščico na dva vodotoka – Gradaščico in Mali graben. Delu struge, ki pot nadaljuje kot Mali graben, se širina zmanjša približno na polovico, medtem ko se struga Gradaščice z 32 m zmanjša na 1,5 m in je premaknjena v betonsko korito. Širina struge v betonskem koritu je enaka tudi na VM MO2 in MO3. pH vode je v mejah normalnih vrednosti. Najbolj očiten padec vrednosti je viden med VM MO1 in NP1 (1), med katerima se ta spremeni za 0,3. Opazen je tudi velik preskok med vrednostima na VM PP6 (2) in MO2, vendar v tem primeru meritve niso narejene na istem vodotoku. Vrednost pH je najbolj konstantna na območju med VM NP1 (2) in PP2. Prevodnost počasi narašča do VM NO3 in se nato počasi zmanjšuje. Najbolj drastična sprememba je opazna med VM Ref2 in MO0, med katerima se vrednost spremeni za približno 20 μ s. Vrednosti so najbolj konstantne med VM NP1 (1) in PP1. Zelo podobne spremembe lahko vidimo tudi pri zabeleženih vrednostih TDS (ppm). Razlika med najnižjo in najvišjo izmerjeno vrednostjo je približno 35 ppm. Tudi tukaj lahko najbolj drastično spremembo opazimo med VM Ref2 in MO0, najbolj konstantne vrednosti pa na odseku med VM NP6 in MO2.



Slika 7: Prikaz povprečne globine vode na posameznih VM

Preglednica 4: Prikaz vrednosti abiotičnih dejavnikov na posameznih VM

	Ref1	Ref2	MO0	MO1	NP1 (1)	NP1 (2)	PP1	PP2	NP4	PP4
pH	7,9	8,0	8,0	8,1	7,8	8,0	8,0	8,0	7,8	7,7
prevodnost (μs)	374	360	380	385	381	381	380	389	388	396
TDS (ppm)	352	339	357	362	359	358	357	367	366	372
temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	13,5	17,1	14,9	15,1	15,2	15,4	15,6	16,4	16,8	16,3
nasičenost z O_2 (%)	96	104	100	99	100	101	96	96	94	88
koncentracija O_2 (mg/L)	9,9	9,7	9,9	9,8	10,0	10,0	9,6	9,4	9,0	8,5
širina struge (m)	5,9	9,0	11,3	11,6	12,6	12,4	14,0	13,2	13,7	13,4
	NP5	PP5	NO3	NP6	PP6 (1)	PP6 (2)	MO2	MO3	povprečje	
pH	7,9	7,9	7,8	7,6	7,8	7,7	8,0	8,1	7,9	
prevodnost (μs)	389	392	399	389	388	387	386	388	389,7	
TDS (ppm)	367	368	375	365	365	364	363	365	366,5	
temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	17,9	17,8	17,5	17,8	18,2	18,2	19,3	21,7	18,6	
nasičenost z O_2 (%)	97	97	92	84	93	92	107	115	97,1	
koncentracija O_2 (mg/L)	9,1	9,3	8,8	8,0	8,7	8,6	9,8	10,0	9,0	
širina struge (m)	11,6	10,6	12,2	32,1	1,8	14,4	1,5	1,5	10,7	

Meritve fizikalnih in kemijskih dejavnikov, ki so prikazane v Preglednici 5, so bile pridobljene večinoma v dopoldanskih urah, z izjemo VM Ref2, in ob sončnem vremenu. Opazimo lahko, da je struga osenčena na manj kot polovici VM (8), na ostalih (10) pa je osenčena. Osončenost vodotoka pripomore k povečanju temperature vode, kar je razvidno iz Preglednice 4. Največji preskok v temperaturi je bil zabeležen med VM Ref1 in Ref2, vendar je to posledica razlike v času merjenja temperature. Iz podatkov je razvidno sicer pričakovano naraščanje temperature vode dolvodno, največji porast temperature smo zabeležili na odseku med VM PP6 (1), MO2 in MO3. Na tem odseku temperatura najprej naraste za 1°C in nato še za 3°C na razmeroma kratkem odseku. Struga je tu spremenjena v betonsko korito, ki je brez obrežne vegetacije.

Iz Preglednice 4 je razvidno, da je koncentracija kisika na vseh VM visoka, vendar dolvodno počasi pada. Naraščanje koncentracije opazimo na VM NP5, PP5 in NO3, sledi pa mu upadanje. Koncentracija zopet začne naraščati na odsekih vodotoka, ki imajo dno

tlakovano z betonskimi ploščami (VM PP6 (1), MO2 in MO3). Na spremembo koncentracije vpliva zaježitev reke, kar je najbolj razvidno iz zmanjšanja koncentracije O₂ na VM NP6. Tudi pri meritvah nasičenosti s kisikom smo opazili porast v betoniranem delu struge reke Gradaščice (na VM PP6 (1), MO2 in MO3), najnižja zabeležena pa je na VM NP6.

Preglednica 5: Prikaz časa, vremena in osenčenosti struge na posameznem VM

VM	Ref1	Ref2	MO0	MO1	NP1 (1)	NP1 (2)
ura	9:00	16:15	9:30	10:15	8:45	9:45
vreme	sončno	oblačno	sončno	sončno	sončno	sončno
struga	osenčena	osenčena	osenčena	osenčena	osenčena	osenčena
lokacija	PP1	PP2	NP4	PP4	NP5	PP5
ura	10:00	10:45	11:30	11:15	12:30	12:15
vreme	sončno	sončno	sončno	sončno	sončno	sončno
struga	osenčena	osenčena	osenčena	osenčena	osenčena	osenčena
lokacija	NO3	NP6	PP6 (1)	PP6 (2)	MO2	MO3
ura	9:30	9:45	10:30	10:15	11:00	14:00
vreme	sončno	sončno	sončno	sončno	oblačno	sončno
struga	osenčena	osenčena	osenčena	osenčena	osenčena	osenčena

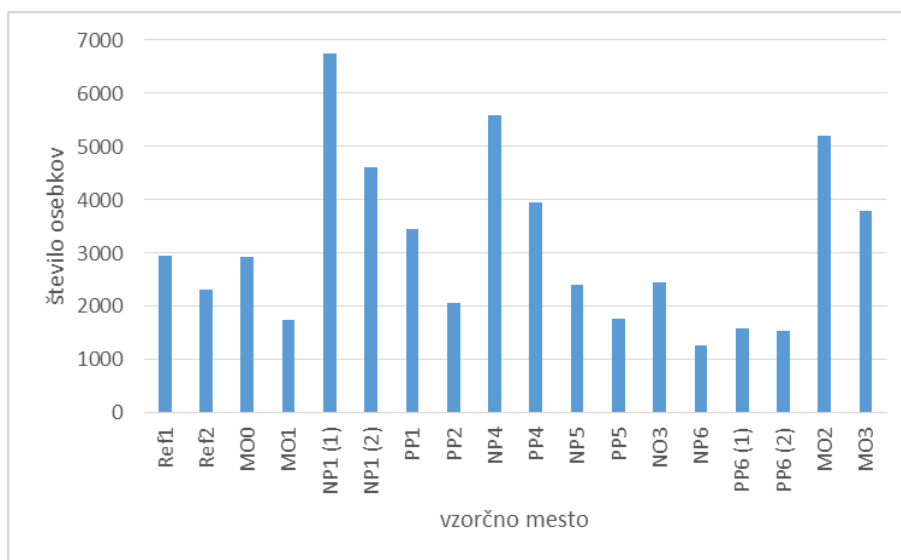
4.4 POPIS SUBSTRATA

Na lokacijah, kjer smo popisovali MI, smo poleg abiotskih meritev in karakteristik vodotoka popisovali tudi zastopanost anorganskega in organskega substrata (Preglednica 6). Največ megalitala smo opazili na VM MO0, kamor je bil pripeljan z namenom utrjevanja struge. Makrolital je bil v največji meri prisoten na VM Ref1, veliko je tudi mezolitala. Poleg tega smo mezolital v večjih količinah zabeležili na VM NP1 (1), NP1 (2), PP5 in PP6 (2). Mikrolital je bil najbolj zastopan na VM PP2, veliko ga je bilo tudi na VM PP1, NO3, NP6 in MO2. Akal je bil najpogosteje zabeležen na VM NP4 in NP6, psamal pa na VM NO3. Argilal smo zabeležili le na VM NP4, tehnolitala je bilo največ na VM PP6 (1) in MO3.

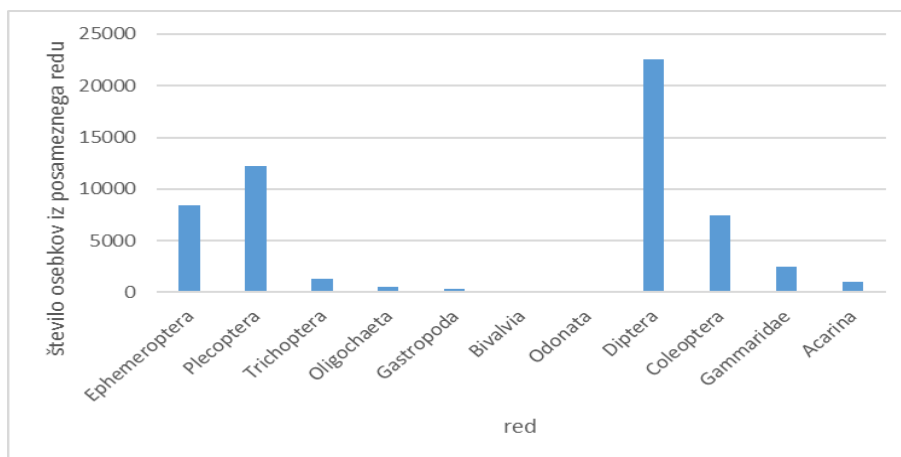
Največ organskih snovi smo zabeležili na VM NP5, kjer smo zabeležili kar 84 % pokrovnost območja z organskim materialom. Med popisom nismo zabeležili emergentnih makrofitov in »sewage fungusa«. Največji odstotek makroalg smo zabeležili na VM Ref2, največ potopljenih makrofitov pa na VM MO3. Žive dele kopenskih rastlin smo zabeležili na skoraj vseh VM, vendar le-te nikjer niso bile zastopane v veliki meri. Največ ksilala smo zabeležili na VM MO0, kjer je bil prisoten predvsem zaradi dodatne utrditve dna struge. Prisotnost delcev CPOM smo zabeležili na skoraj vseh VM z izjemo NP1 (1) in MO2. Zabeležili smo tudi prisotnost delcev FPOM, a so bili ti zabeleženi redkeje. Na VM NP5 so predstavljali kar 80 % pokrovnosti območja, visok delež zastopanosti smo opazili tudi na VM MO0, kjer je predstavljal 15 % pokrovnosti.

4.5 STRUKTURA MAKROINVERTEBRATSKIH ZDRUŽB

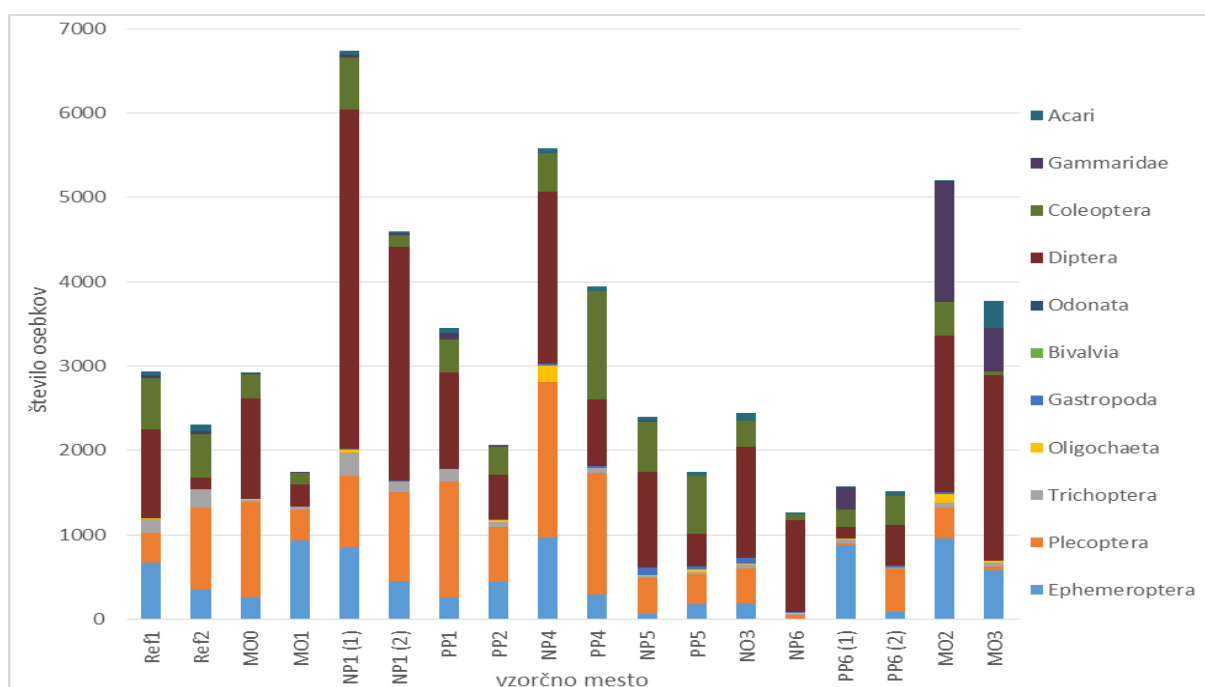
Iz Slike 8 je razvidno, da je bila številčnost osebkov na posameznih VM zelo različna. Najmanjše število osebkov smo zabeležili na VM NP6 (1266), najvišje pa na VM NP1 (1) (6740 osebkov). Na Sliki 9 je prikazana zastopanost posameznih taksonov glede na vsa VM. Najštevilčnejši so bili osebki iz reda Diptera (22528), najmanj osebkov pa smo zabeležili iz razreda Bivalvia (6) in reda Odonata (10). Skupno število vseh zabeleženih osebkov na vseh vzorčnih mestih je 56220. Prikazana je diverziteta posameznih taksonov (Slika 10) in delež posameznega taksona (Slika 11) na vsakem VM.



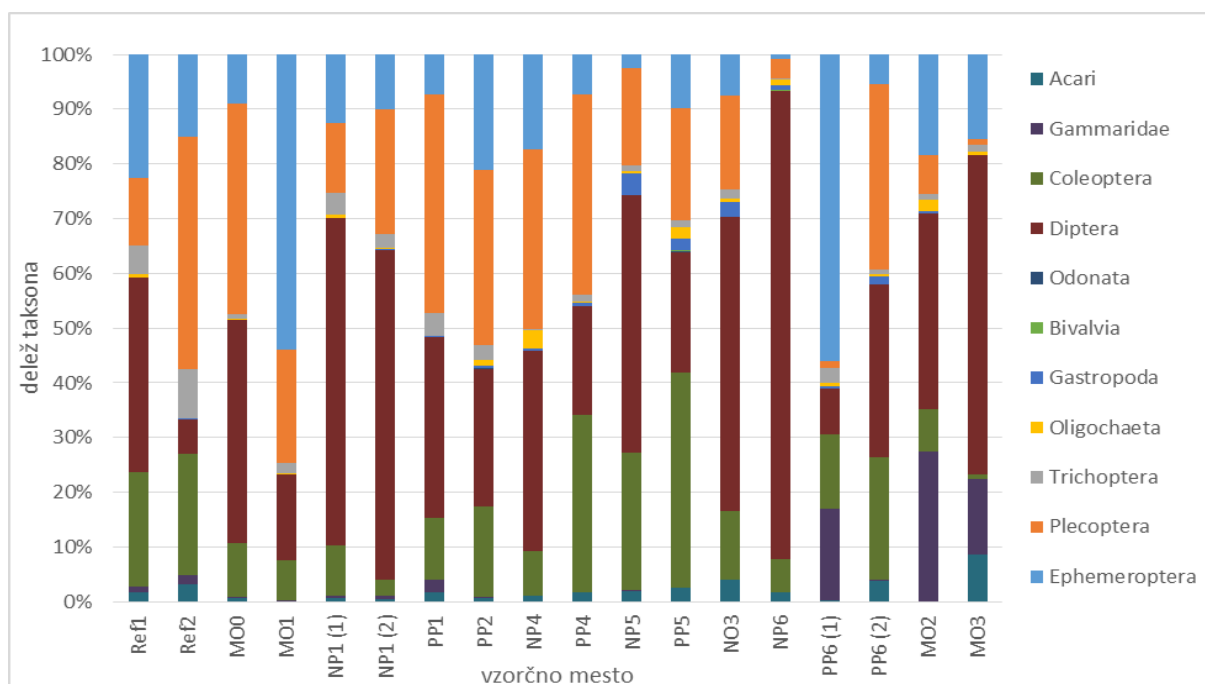
Slika 8: Prikaz števila osebkov na posameznem vzorčnem mestu



Slika 9: Prikaz številčnosti posameznega taksona glede na vsa vzorčna mesta



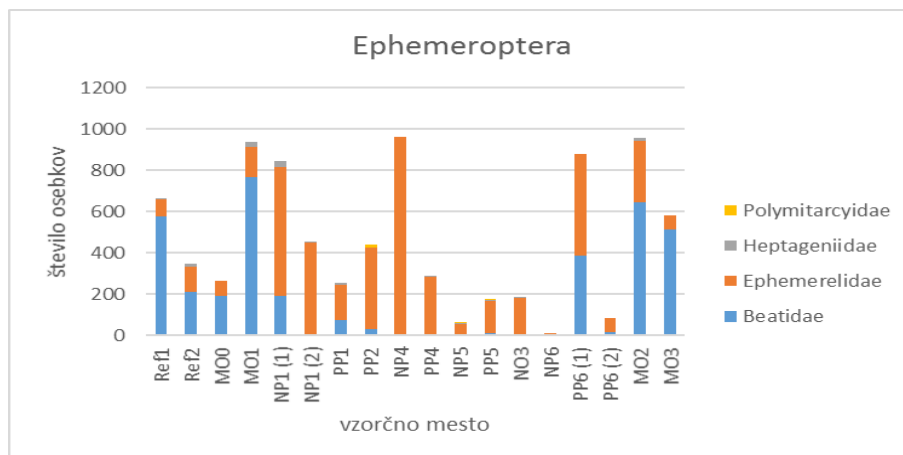
Slika 10: Prikaz zastopanosti posameznih taksonov glede na posamezna VM



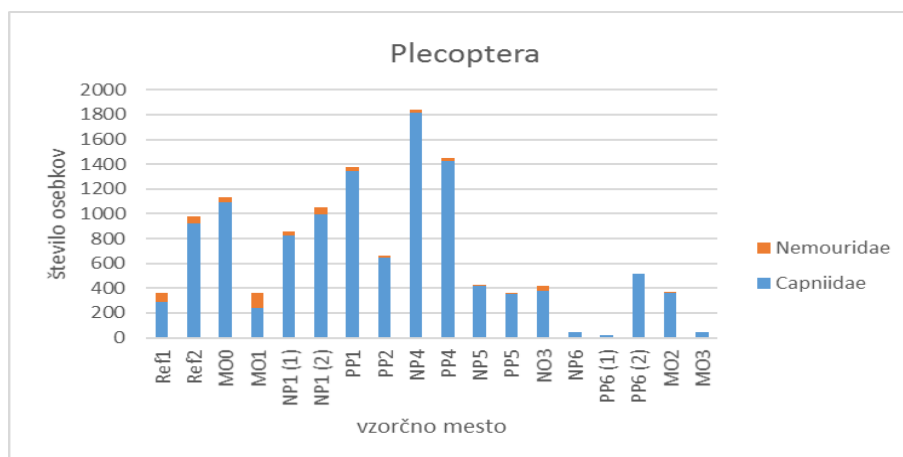
Slika 11: Prikaz deležev posameznega taksona na posameznem VM

Višje taksone MI smo ob nadaljni obdelavi določali do družin, vendar so naslednji grafi namenjeni zgolj boljšemu prikazu in razumevanju rezultatov. Iz reda Ephemeroptera (Slika 12) smo zabeležili predstavnike 4 družin, največ osebkov je pripadalo družini Ephemerellidae (3626), najmanj pa družini Polymitarcyidae (17). Iz reda Plecoptera smo zabeležili le 2 družini (Slika 13), pri čemer je močno prevladovala družina Capniidae (11733 osebkov), iz družine Nemouridae smo zabeležili 530 osebkov. Iz reda Trichoptera

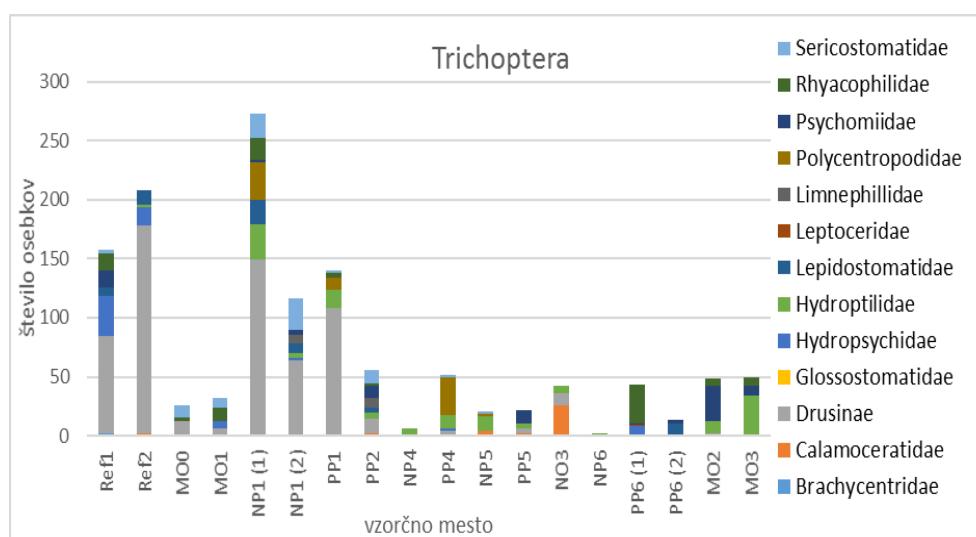
smo zabeležili kar 13 družin (Slika 14). Najpogosteje zastopana je bila družina Limnephilidae (vsi predstavniki so pripadali poddružini Drusinae; 629 osebkov), najmanj predstavnikov so imele družine Leptoceridae (1), Glossosomatidae (1) in Brachycentridae (2).



Slika 12: Prikaz zastopanosti posamezne družine iz reda Ephemeroptera glede na posamezna VM



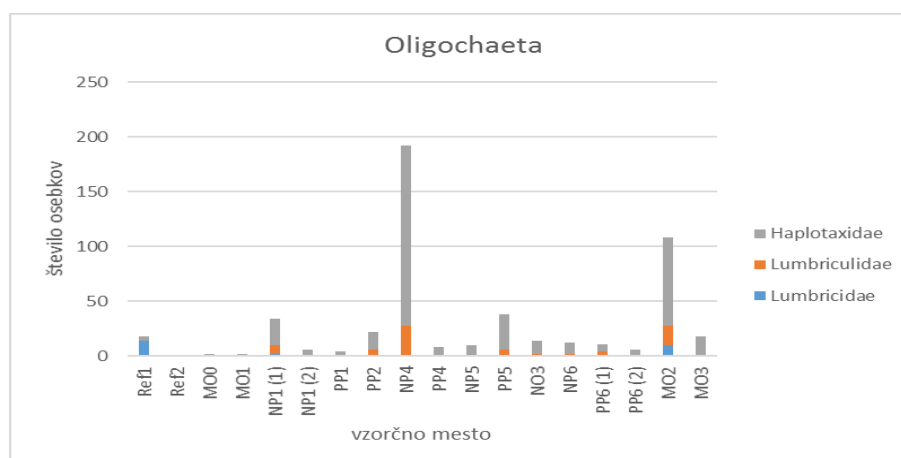
Slika 13: Prikaz zastopanosti posamezne družine iz reda Plecoptera na posameznem VM



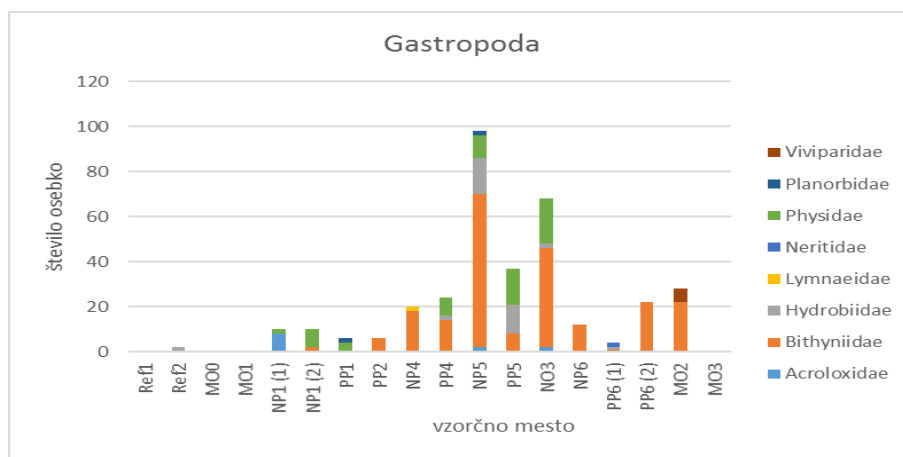
Slika 14: Prikaz zastopanosti posamezne družine iz reda Trichoptera na posameznem VM

Iz razreda Oligochaeta smo zabeležili predstavnike 3 družin (Slika 15). Najpogosteje zastopana družina je bila Haplotaxidae (404), najmanj zastopana pa Lumbricidae (27). Iz razreda Gastropoda smo zabeležili 8 družin (Slika 16). Najpogosteje so bili zastopani osebki iz družine Bithyniidae (217), medtem ko smo našli le po 2 osebka iz družin Neritidae in Lymnaeidae. Izmed vseh prisotnih redov so bili najredkeje prisotni organizmi iz razreda Bivalvia (Slika 17; levo). Iz omenjenega razreda smo zabeležili le družino Sphaeriidae, ki je bila zastopana s 6 osebki. Redko zastopani so bili tudi osebki iz reda Odonata (Slika 17; desno). Osebki so pripadali obema podredoma (Anisoptera (A) in Zygoptera (Z)), skupno jih je bilo 10.

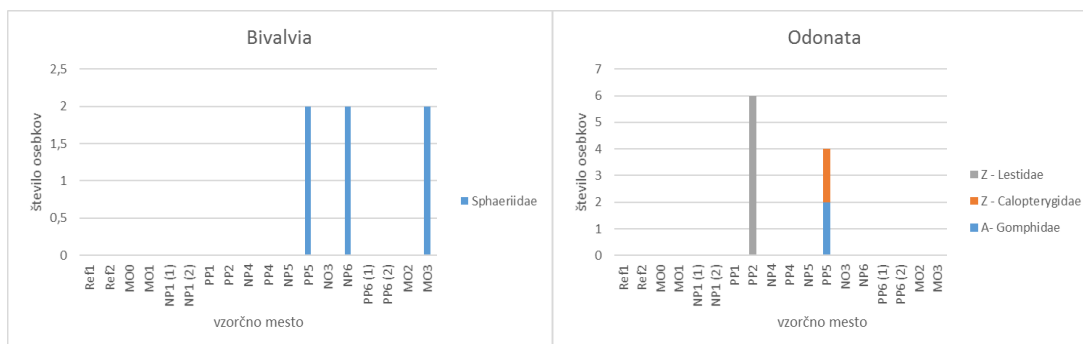
Najpogosteje zastopani organizmi so pripadali redu Diptera. Za lažjo analizo rezultatov smo osebke iz tega reda ločili glede na razvojni stadij larve (Slika 18) in bube (Slika 19). Larve so pripadale 9 družinam, med katerimi je bila najpogosteje zastopana družina Chironomidae (17011), najredkeje prisotna pa je bila družina Psychodidae, iz katere smo zabeležili le 2 osebka. Največ predstavnikov dipterskih bub je pripadalo družini Culicidae (1878), najmanj pa družini Ceratopogonidae (1).



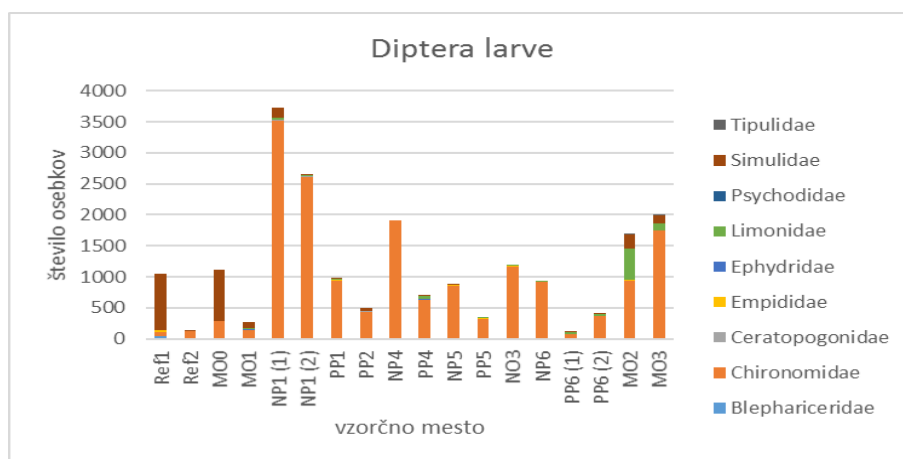
Slika 15: Prikaz zastopanosti posamezne družine iz razreda Oligochaeta na posameznem VM



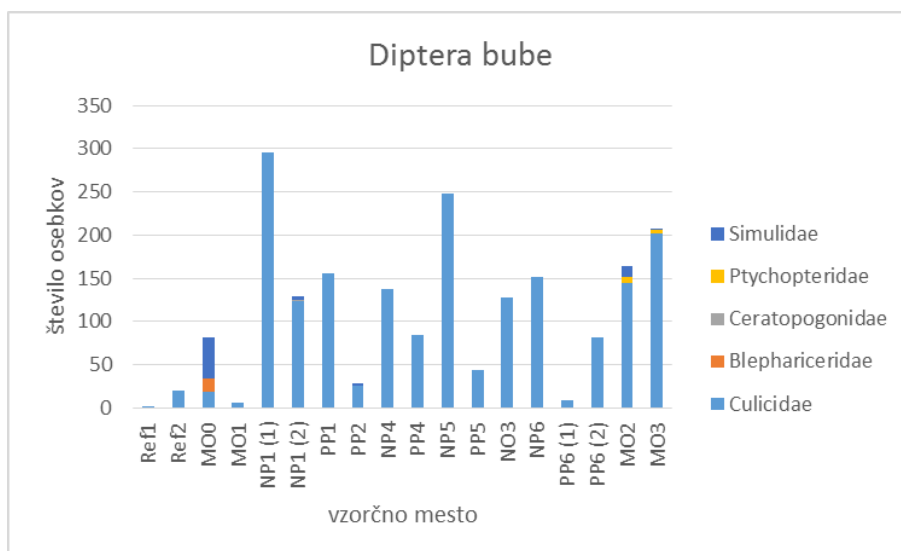
Slika 16: Prikaz zastopanosti posamezne družine iz razreda Gastropoda na posameznem VM



Slika 17: Prikaz zastopanosti družine Sphaeriidae iz razreda Bivalvia (levo) in zastopanosti osebkov iz reda Odonata (desno) na posameznem VM

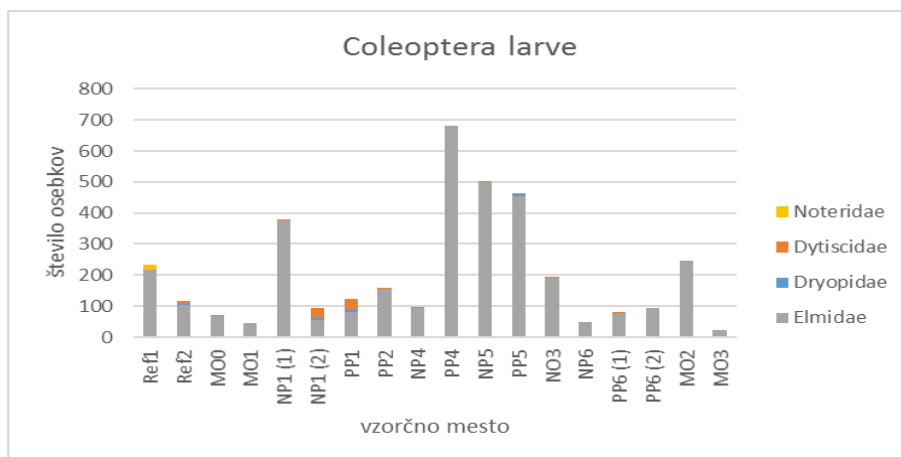


Slika 18: Prikaz zastopanosti posamezne družine iz reda Diptera v razvojnem stadiju larve na posameznem VM

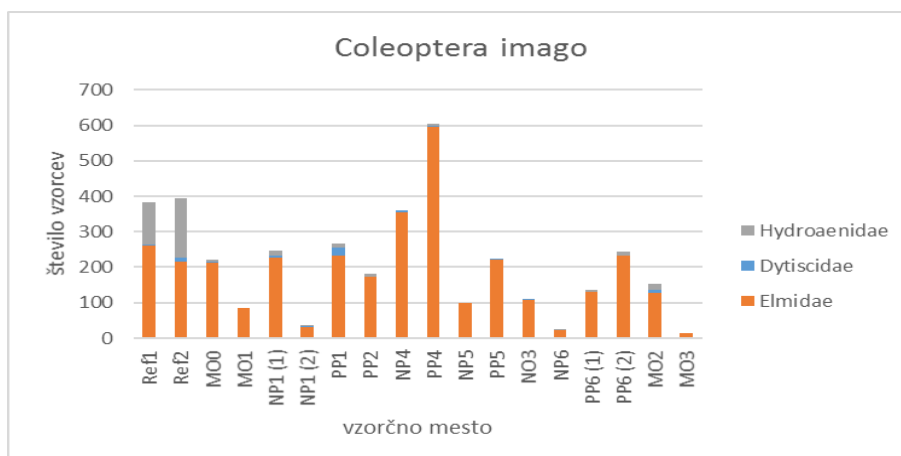


Slika 19: Prikaz zastopanosti posamezne družine iz reda Diptera v razvojnem stadiju bube na posameznem VM

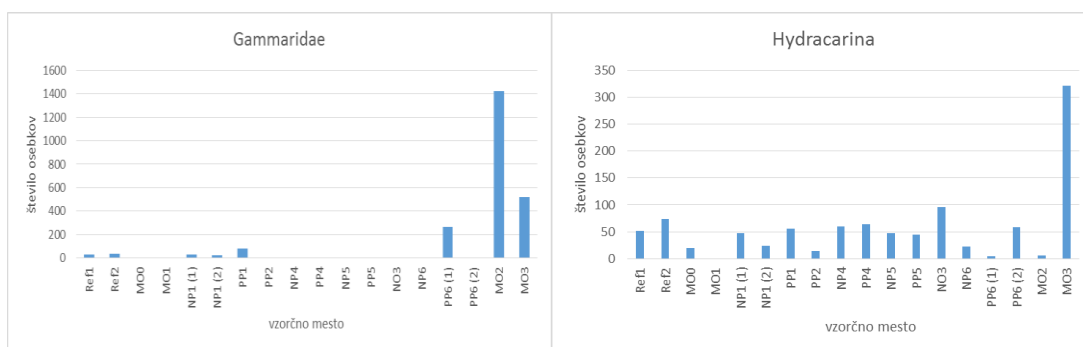
Tudi osebkke iz reda Coleoptera smo glede na stadij razvoja ločili na larve (Slika 20) in odrasle osebkke ali image (Slika 21). Med larvami je bila najpogosteje zastopana družina Elmidae (3514), najredkeje pa družini Dryopidae (14) in Noteridae (15). Med odraslimi osebkki je po številčnosti prevladovala družina Elmidae (3341), najmanj predstavnikov pa je bilo iz družine Dytiscidae (75). Zabeležili smo 2429 osebkov iz roda *Gammarus* (Slika 22; levo) in 1013 osebkov iz taksona Hydracarina (Slika 22; desno).



Slika 20: Prikaz zastopanosti posamezne družine iz reda Coleoptera v razvojnem stadiju larve na posameznem VM



Slika 21: Prikaz zastopanosti posamezne družine iz reda Coleoptera v razvojnem stadiju odraslega osebk (imago) na posameznem VM



Slika 22: Prikaz zastopanosti roda *Gammarus* (levo) in taksona Hydracarina (desno) na posameznem VM

4.5.1 Zgradba združbe makroinvertebratov izražena z diverzitetnimi in biotski indeksi

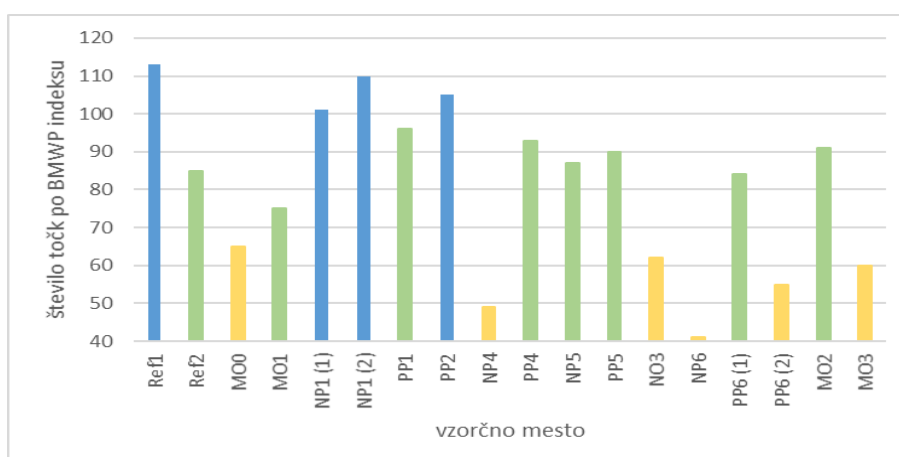
S-W in Simpsonov diverzitetni indeks smo izračunali za nivo družin in višjih taksonov. Rezultati so podani v Preglednici 7. Iz rezultatov je razvidno, da sta indeksa v nasprotni korelaciji. Najboljše stanje po S-W indeksu (in s tem najslabše po Simpsonovem) smo zabeležili na VM Ref1 in MO2, najslabše pa na VM NP6.

Preglednica 7: Prikaz vrednosti S-W in Simpsonovega diverzitetnega indeksa za redove in družine MIZ

	višji taksoni		družine	
	S-W	Simpson	S-W	Simpson
Ref1	1,594	0,239	2,141	0,176
Ref2	1,559	0,265	2,020	0,210
MO0	1,269	0,333	1,687	0,252
MO1	1,240	0,360	1,870	0,240
NP1 (1)	1,280	0,400	1,650	0,340
NP1 (2)	1,140	0,430	1,340	0,400
PP1	1,480	0,290	1,790	0,260
PP2	1,560	0,240	1,870	0,210
NP4	1,430	0,280	1,490	0,270
PP4	1,410	0,290	1,550	0,280
NP5	1,400	0,300	1,600	0,300
PP5	1,590	0,260	1,800	0,240
NO3	1,420	0,340	1,670	0,300
NP6	0,640	0,740	0,760	0,700
PP6 (1)	1,300	0,400	1,800	0,200
PP6 (2)	1,490	0,270	1,660	0,250
MO2	1,580	0,250	2,140	0,160
MO3	1,270	0,390	1,660	0,290

Iz Slike 23 je razvidno, koliko točk smo dodelili posameznemu VM glede na BMWP-vrednost. Modri stolpci prikazujejo odseke, ki so imeli vrednost višjo od 100 točk in spadajo v prvi kakovostni razred. Zeleni stolpci prikazujejo odseke, katerih vrednost je bila med 70 in 99 in so zato uvrščeni v 2. kakovostni razred, rumeni pa prikazujejo odseke, katerih vrednost je bila med 40 in 69 in so zato uvrščeni v 3. kakovostni razred. Odsekov, ki bi pripadali 4. (vrednost med 10 in 39) ali 5. (vrednosti, nižje od 10) kakovostnemu razredu, nismo zabeležili. Vsa VM so imela vrednost ASPT večjo od 4,5 in jih zato uvrščamo v 1. kakovostni razred.

V Preglednici 8 so prikazane vrednosti EPT indeksa za posamezna VM. Iz rezultatov je razvidno, da se številčnost družin iz indikatorskih redov počasi manjša. Uvrščanje VM v razrede glede na kvaliteto vodotoka lahko poteka na podlagi števila družin (> 27 družin = odlično; 21–27 = dobro; 14–20 = zmerno dobro; 7–13 = zmerno in 0–6 = slabo) ali glede na delež zastopanosti tega taksona v MIZ. Rezultati kažejo na to, da je večina VM v odličnem ali dobrem stanju, nobeno pa se ne uvršča v slabi kakovostni razred. Iz preglednice je razvidno, da se odseki vodotoka glede na zastopanost EPT-organizmov v MIZ uvrščajo v 4. ali 5. kakovostni razred, saj družine iz redov EPT predstavljajo med 33,3 in 50 % pestrosti na območju.



Slika 23: Vrednosti posameznega vzorčnega mesta. Modri stolpci predstavljajo odseke, ki jih uvrščamo v prvi kakovostni razred, zeleni tiste, ki jih uvrščamo v drugega, in rumeni tiste, ki jih uvrščamo v tretjega. Četrtega in petega kakovostnega razreda nismo zabeležili

Preglednica 8: Prikaz vrednosti EPT-indeksa glede na posamezna vzorčna mesta

	Ref1	Ref2	MO0	MO1	NP1 (1)	NP1 (2)	PP1	PP2	NP4
št. družin	24	21	18	18	28	26	25	27	12
EPT-družine	12	10	7	9	12	12	10	13	4
EPT-indeks [%]	50,0	47,6	38,9	50,0	42,9	46,2	40,0	48,1	33,3
kakovostni razred	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	PP4	NP5	PP5	NO3	NP6	PP6 (1)	PP6 (2)	MO2	MO3
št. družin	22	23	25	20	13	13	17	25	18
EPT-družine	10	9	10	7	4	8	5	9	6
EPT-indeks [%]	45,5	39,1	40,0	35,0	30,8	61,5	29,4	36,0	33,3
kakovostni razred	4	4	4	4	5	4	5	4	5

4.6 KORELACIJE MED OKOLJSKIMI DEJAVNIKI IN ZDRUŽBO MAKROINVERTEBRATOV

4.6.1 Korelacije med ekomorfološkimi dejavniki in zgradbo združbe MI

Ob izračunih Spearmanovih korelacij (Preglednica 9) smo ugotovili pozitivno korelacijo med številom višjih taksonov in oddaljenostjo od izvira, kar nakazuje naraščanje števila redov. Število osebkov je v negativni korelaciji z rabo zemljišča za OP (1. parameter). Za nivo družin smo zabeležili pozitivno korelacijo z 10. parametrom RCE-vrednotenja struge, pri katerem smo ocenjevali ohranjenost kamnitega substrata v vodotoku. Naravnost rabe zemljišča za obrežno vegetacijo je v negativni korelaciji z vrednostjo Simpsonovega indeksa na nivoju višjih taksonov in skladno s tem za isti parameter velja pozitivna korelacija s S-W indeksom. Statistično značilna pozitivna korelacija je razvidna tudi v povezavi vrednosti S-W indeksa za nivo družin in vrednotenja zadrževalnih struktur v vodotoku (5. parameter) in skladno z njo velja negativna korelacija Simpsonovega indeksa za isti parameter. Iz rezultatov je razvidno tudi, da je S-W indeks na nivoju družin v statistično značilni negativni korelaciji s številom tujerodnih invazivnih vrst (TIV).

Preglednica 9: Prikaz korelacij med morfološkimi parametri in združbo MI. Izrazito pozitivno in izrazito negativne korelacije so poudarjene

	združba makroinvertebratov									
	število višjih taksonov	število vseh družin	število osebkov	simpsonov	simpson - družine	S-W (v/red)	S-W družine	EPT indeks	BMWP točke	ASPT
št. odseka	0.534	-0.221	-0.179	0.123	0.150	-0.028	-0.222	-0.760	-0.467	-0.425
pokrovnost domorodnih vrst	0.419	0.266	-0.302	-0.028	0.258	0.023	-0.354	0.140	0.269	0.106
pokrovnost TIV	0.302	-0.076	0.239	0.198	0.238	-0.113	-0.372	-0.616	-0.201	-0.343
št. domorodnih vrst	0.113	0.120	-0.035	-0.205	0.109	0.261	-0.201	0.209	0.151	-0.016
št. TIV	0.461	0.130	-0.095	0.358	0.420	-0.241	-0.546	-0.440	-0.026	-0.064
RCE 2-4	0.131	0.175	-0.249	-0.209	-0.093	0.353	0.131	0.261	0.182	0.261
RCE 5-12	-0.016	0.425	-0.036	-0.209	-0.051	0.253	0.287	0.715	0.535	0.591
RCE 5-12 (8,9)	-0.090	0.421	0.011	-0.259	-0.069	0.293	0.278	0.755	0.579	0.629
RCE 1	0.173	0.080	-0.407	-0.428	-0.363	0.582	0.388	0.076	0.078	0.031
RCE 2	-0.107	-0.008	-0.176	-0.118	0.035	0.249	0.091	0.277	0.100	0.337
RCE 3	0.180	0.162	-0.378	-0.209	-0.193	0.329	0.212	0.275	0.138	0.232
RCE 4	0.281	0.276	-0.137	-0.012	0.128	0.165	-0.155	0.156	0.213	0.268
RCE 5	-0.201	0.187	0.106	-0.062	-0.514	0.069	0.623	0.274	0.261	0.080
RCE 6	-0.379	-0.088	0.295	-0.011	0.274	-0.102	-0.191	0.333	0.131	0.452
RCE 7	0.112	0.052	-0.099	-0.315	0.183	0.392	-0.205	0.127	0.112	0.259
RCE 8	-0.152	0.068	0.170	0.171	0.017	-0.205	0.017	0.256	0.068	0.051
RCE 9	-0.152	-0.068	-0.068	-0.051	-0.205	-0.102	-0.034	0.102	0.000	0.000
RCE 10	0.120	0.517	0.005	-0.215	0.004	0.305	0.183	0.628	0.581	0.411
RCE 11	-0.207	0.409	-0.012	-0.262	-0.233	0.234	0.461	0.853	0.558	0.613
RCE 12	-0.058	0.404	0.131	-0.304	-0.095	0.357	0.189	0.554	0.578	0.550
RCE 13	-0.379	-0.023	0.159	-0.387	-0.239	0.387	0.353	0.421	0.204	0.205
RCE 15	0.058	-0.020	-0.199	-0.205	0.152	0.314	-0.086	0.121	0.047	0.146
RCE 16	0.442	0.211	0.257	-0.164	0.141	0.304	-0.234	-0.351	0.117	-0.117
vsota RCE	0.121	0.369	-0.133	-0.231	-0.009	0.359	0.185	0.536	0.421	0.424

4.6.2 Korelacije med hidromorfološkimi dejavniki in zgradbo združbe makroinvertebratov

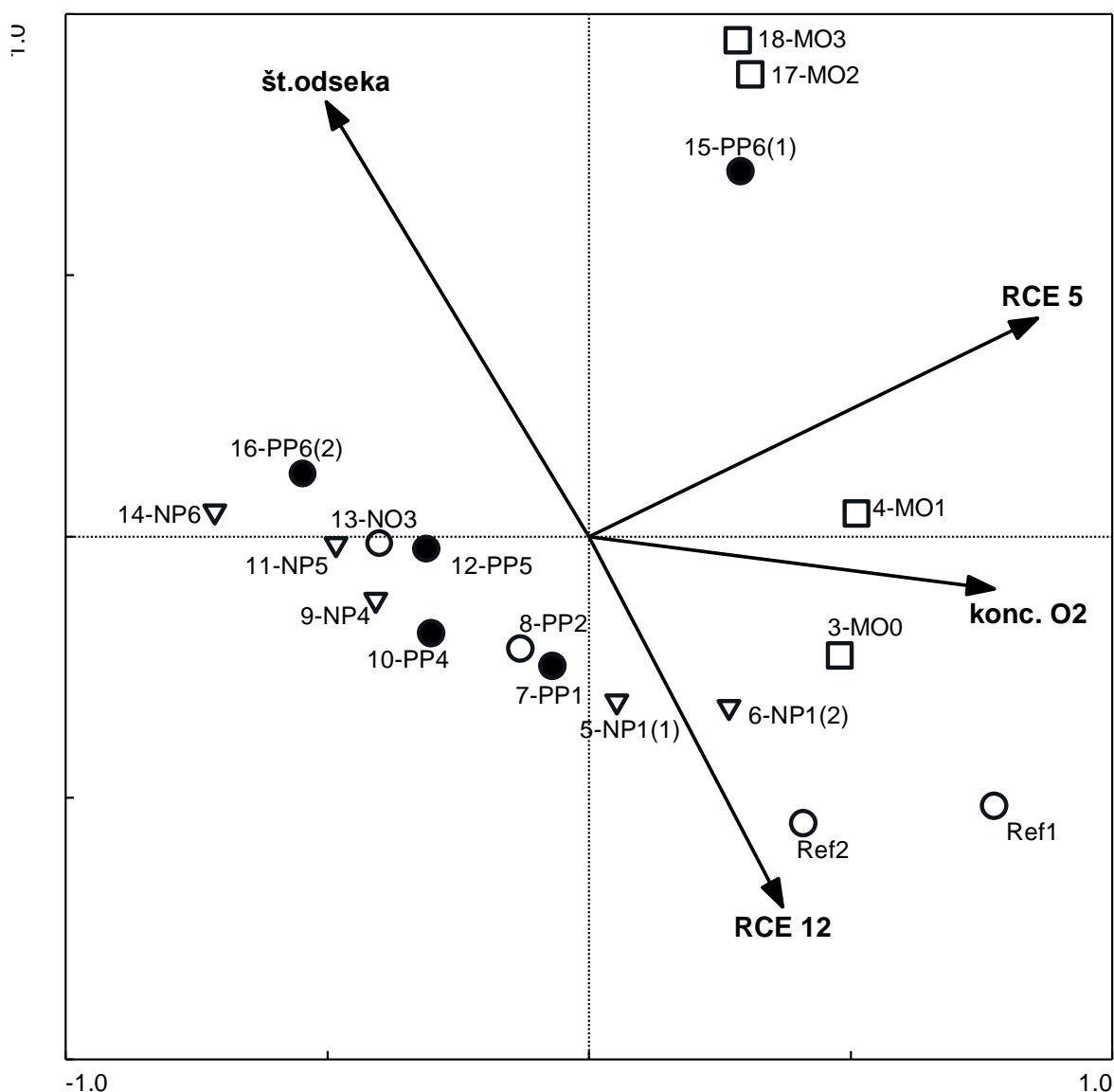
Iz Preglednice 10 so razvidne Spearmanove korelacije med različnimi abiotskimi dejavniki, kot so hitrost vodnega toka, globina, različne kategorije substrata in osnovni fizikalni ter kemijski dejavniki, in strukturo MIZ. Med posameznimi abiotskimi dejavniki na eni strani in taksoni ter indeksi na drugi smo izračunali številne statistično značilne pozitivne in negativne korelacije, ki nam pomagajo pri vrednotenju vpliva posameznih abiotskih dejavnikov na zgradbo in diverziteto MIZ.

Preglednica 10: Prikaz Spearmanovih korelacijskih koeficientov med posameznimi višjimi taksoni MI in abiotičnimi dejavniki. Statistično značilne ($p < 0,05$) pozitivne korelacije so v modrih poljih, negativne pa v rdečih

	Ephemeroptera	0,502	-0,372	0,438	-0,011	-0,610	-0,057	0,042	-0,177	-0,133	0,634	-0,282	-0,105	0,263	0,036	-0,144	-0,523	0,114	0,665	0,361	0,314	0,116
	Plecoptera	0,431	-0,326	0,506	0,146	-0,526	0,014	0,250	-0,078	-0,123	0,749	-0,296	0,273	0,471	0,071	-0,167	-0,514	0,210	0,622	0,196	0,363	0,017
	Trichoptera	0,420	-0,412	0,433	0,063	-0,504	0,000	0,074	-0,153	-0,143	0,747	-0,205	0,133	0,320	0,009	-0,187	-0,537	0,233	0,662	0,163	0,273	0,014
	Oligochaeta	-0,534	0,274	-0,491	0,187	0,732	0,158	0,163	0,267	0,125	-0,619	0,097	0,420	-0,021	0,005	0,153	0,580	-0,143	-0,759	-0,371	-0,114	-0,110
	Gastropoda	-0,211	0,288	-0,404	0,340	0,728	0,087	0,000	0,499	0,037	-0,530	0,074	0,277	-0,030	0,276	0,237	0,625	-0,245	-0,751	-0,341	-0,105	-0,077
	Bivalvia	-0,437	0,279	-0,354	0,243	0,739	0,101	0,130	0,213	0,245	-0,654	0,122	0,305	0,026	0,043	0,087	0,533	-0,052	-0,689	-0,209	-0,003	-0,001
	Odonata	0,341	-0,024	0,360	-0,227	-0,535	-0,030	0,131	0,086	-0,293	0,576	-0,194	-0,087	0,236	0,169	-0,095	-0,325	-0,013	0,488	0,451	0,263	-0,033
	Diptera	-0,341	-0,232	-0,515	0,406	0,660	0,361	0,372	-0,076	0,036	-0,610	0,099	0,438	-0,141	-0,228	0,066	0,309	-0,037	-0,373	-0,370	-0,296	-0,105
	Coleoptera	-0,257	-0,157	-0,490	0,450	0,666	0,274	0,390	-0,052	0,110	0,596	0,136	0,409	-0,118	-0,146	-0,006	0,258	0,030	-0,342	-0,346	-0,268	-0,105
	Gammaridae	0,203	-0,494	-0,369	0,274	0,425	0,417	0,079	-0,118	-0,189	0,138	0,125	-0,033	0,326	0,409	0,015	-0,185	-0,024	0,324	0,306	0,268	0,013
	Acari	0,389	-0,020	0,415	-0,031	-0,348	0,029	-0,022	0,326	-0,069	0,645	-0,095	-0,033	0,326	0,409	0,015	-0,185	-0,024	0,324	0,306	0,268	0,013
	številoVT	0,458	0,041	0,584	-0,004	-0,536	-0,072	-0,066	0,476	-0,085	0,603	-0,086	-0,109	0,418	0,524	0,090	-0,072	-0,098	0,273	0,460	0,453	0,254
	število vseh družin	0,376	0,494	-0,274	-0,137	0,315	-0,086	-0,005	0,137	-0,055	-0,641	0,093	0,060	-0,179	-0,072	0,226	0,580	-0,292	-0,698	-0,170	-0,132	0,094
	število osebkov	-0,340	0,363	0,101	-0,706	-0,142	-0,307	-0,161	-0,165	0,127	-0,134	0,058	-0,382	-0,007	-0,084	-0,047	-0,014	-0,018	0,119	0,384	0,172	0,224
	Simpsonov	0,026	0,055	0,334	-0,133	0,017	-0,174	-0,070	-0,130	0,558	-0,059	0,037	-0,336	0,309	0,150	-0,063	-0,006	0,053	0,031	0,680	0,525	0,475
	simpson - družine	-0,180	0,261	0,244	0,011	0,305	-0,130	0,069	0,087	0,497	-0,331	0,363	0,045	0,282	0,172	-0,059	0,284	0,167	-0,269	0,317	0,367	0,580
	S-W (VT)	-0,294	0,024	-0,128	0,187	0,401	0,087	0,388	-0,221	0,127	-0,286	0,041	0,322	0,033	-0,243	-0,432	-0,147	0,437	0,184	-0,055	-0,031	-0,063
	S-W družine	-0,301	0,393	-0,375	-0,280	0,080	0,146	0,027	-0,142	0,107	-0,521	0,035	-0,318	-0,376	-0,155	0,066	0,256	-0,213	-0,444	0,052	-0,248	-0,302
	EPT indeks	-0,287	-0,015	-0,093	-0,330	0,014	-0,143	-0,003	-0,142	-0,150	-0,243	-0,065	-0,143	-0,162	-0,331	0,187	0,141	-0,247	0,058	0,174	-0,213	0,279
	BMWP točke	0,397	0,397	-0,351	0,398	0,118	-0,108	-0,086	0,257	0,117	-0,309	0,210	-0,286	-0,399	0,351	-0,117	0,070	-0,304	-0,304	-0,304	-0,351	-0,304
	ASPT	0,550	-0,589	-0,016	0,098	-0,311	0,138	-0,187	-0,108	-0,465	0,588	-0,332	-0,021	-0,079	-0,060	0,200	-0,312	-0,191	0,350	-0,168	-0,186	-0,301
	potopljivi makrofiti	-0,029	0,455	0,455	-0,696	-0,428	-0,175	-0,338	0,029	-0,074	0,279	0,298	-0,334	-0,022	0,168	0,210	0,152	-0,231	-0,040	0,236	0,081	0,017
		-0,095	-0,192	-0,209	0,023	0,137	0,477	-0,047	-0,168	0,125	-0,135	0,385	-0,122	-0,388	-0,065	0,103	0,086	-0,039	-0,099	-0,287	-0,472	-0,413

4.6.3 Vpliv okoljskih dejavnikov na taksonomsko sestavo MIZ

Na Sliki 24 je prikazan ordinacijski diagram, ki prikazuje razporeditev VM glede na dejavnike, ki statistično značilno ($p < 0,05$) vplivajo na sestavo združbe MI. Razvidno je, da na sestavo MIZ odločilno vpliva oddaljenost od izvira. Na zgradbo MIZ vpliva koncentracija O_2 v vodi, kar je za MI tudi pričakovano. Statistično značilen vpliv pa imata tudi parametra RCE 5 (zadrževalne strukture) in RCE 12 (ohranjenost longitudinalne strukture vodotoka). Iz diagrama je razviden vpliv ohranjenosti oziroma spremenjenosti morfoloških razmer na sestavo in posledično na diverziteto MIZ.



Slika 24: Ordinacijski diagram razporeditve VM. Referenčna VM so označena z belimi krogi, MO (morfološko močno spremenjena VM) z belimi kvadrati, VM NP (nad pregrado) z belimi trikotniki in VM PP (pod pregrado) s črnimi krogi

5 RAZPRAVA

5.1 OBREŽNA VEGETACIJA

Na VM smo v OP zabeležili 50 domorodnih lesnatih vrst in 4 TIV (Preglednica 2). Povprečna pokrovnost domorodnih rastlinskih vrst na vseh VM je 90 %, povprečna pokrovnost TIV pa 10 %. VM, ki imajo nižjo povprečno pokrovnost z domorodnimi rastlinskimi vrstami, so VM MO. Število domorodnih vrst na posameznem VM je bilo vedno višje ali enako kot število invazivnih vrst na VM. Povprečno število rastlinskih vrst na posameznem VM je 17, kar nakazuje, da je 14 VM nadpovprečnih in le 4 podpovprečna (MO). Največje število rastlinskih vrst smo zabeležili na VM NP4 (27), kjer je pokrovnost območja ocenjena na srednje gosto (75 %). Na VM MO smo zabeležili majhno število vrst, saj so bila to območja, ki so bila izpostavljena človekovemu vplivu. Izmed VM, označenih z MO, smo najvišje število vrst zabeležili na VM MO1, ki na videz ne kaže človekovih aktivnosti.

Večinoma smo ob vodotoku zabeležili listopadne vrste (Preglednica 1). Iglavci (npr. *Abies alba*, *Picea abies*, *Pinus nigra* in *Pinus sylvestris*) so bili v večinskem deležu prisotni v zgornjem delu obravnavanega vodotoka. Na območjih Ref1 in Ref2 je bilo to, da smo zabeležili nekatere izmed omenjenih vrst, pričakovano, saj na teh odsekih nismo opazili obsežnih človekovih posegov v OP, strugo ali ožje prispevno območje, ki ga poleg tega večinoma pokriva gozd. Na VM, ki se nahajajo dolvodno, lahko te vrste pričakujemo zaradi človekovih posegov v okolje ter zasaditve. Prisotnost sadnega drevja (*Pyrus* sp., *Prunus* sp. in *Malus* sp.) smo zabeležili na VM Ref2, MO1, PP1, NP4 in PP4. Na lokaciji Ref2 sta se vrsti najverjetneje zarasli sami, saj so drevesa rastle med gosto vegetacijo. Prav tako zasaditev ni bila antropogena na lokacijah MO1 in PP1. Na VM NP4 in PP4 je zagotovo šlo za človeški poseg, saj gre bodisi za zasaditev v sadovnjaku ali zasaditev dreves na vrtu.

Pionirske vrste so pogosto zabeležene na vseh VM, kar zagotovo nakazuje motnje naravnega (npr. erozija, nanosi) ali človeškega (npr. čiščenje OP vodotoka) izvora (Moss, 2010). Povprečna pokrovnost pionirskih vrst na vseh območjih je 29,5 %, nepionirskih pa 70,5 %. Nadpovprečno pokrovnost s pionirskimi vrstami smo zabeležili na kar 9 VM. Iz roda *Salix* smo zabeležili 6 vrst, ki smo jih določili s pomočjo določevalnih ključev. Izmed vrst, ki pripadajo omenjenemu rodu, je zdaleč najpogosteje zastopana vrsta *S. alba*, ki smo jo zabeležili na 20 VM. Zabeležena ni bila le na VM Ref1 in Ref2 ter VM MO2. Predvidevamo, da na Ref1 in Ref2 posegi v okolje niso bili izvedeni, saj se nahajata v gozdu, nasprotno pa je z VM MO2, kjer so dobro vidne sledi človeške aktivnosti. Na omenjenem VM smo namreč zabeležili dokaj nizek delež pokrovnosti območja (35 %), zabeležili pa smo le eno pionirsko vrsto iz reda *Rubus* sp. in eno invazivno vrsto *Fallopia japonica*. Vrsti *Salix eleagnos* in *Salix purpurea* smo zabeležili 4- oz. 5-krat. Nobena izmed omenjenih vrst se ne pojavlja na Ref1, Ref2, PP2, PP5 in MO. Vrsti *S. caprea* in *S. cineria* sta bili zabeleženi 3-krat: prva na VM PP1, NP4 in PP5, druga na VM NP1 (1), NP1 (2) in NP6. Vsa VM z izjemo PP1 spadajo v skupino z gosto obrežno vegetacijo. *S. fragilis* smo zabeležili 2-krat. To vrsto smo zabeležili na VM Ref1 in na NP6.

Iz roda *Populus* smo zabeležili le eno vrsto, iz roda *Pinus* pa dve. Predstavniki vrste *Populus nigra* nismo zabeležili na VM Ref1, Ref2 in MO ter NP1 (1), PP2, NP4, PP4 in PP6 (1). Predstavnik vrste *P. nigra* smo zabeležili le na VM MO0, predstavnik *P. sylvestris* pa le na VM NP5. Predstavnik *Rubus* sp. smo zabeležili na 13 VM, ne pa na VM Ref1, Ref2, MO1, PP6 (1) in MO3. Iz rodu *Alnus* smo zabeležili 2 predstavnika, in sicer *A. glutinosa* in *A. incana*. Predstavniki omenjenega rodu nismo zabeležili le na VM MO0 in MO2. Predstavnik vrste *A. glutinosa* smo zabeležili na VM Ref1, MO1, NP1 (1), NP1 (2), PP1, PP2, NP4, PP4, NP5, PP5, NO3, NP6, PP6 (1) in PP6 (2) ter MO3. Predstavnik vrste *A. incana* smo zabeležili na VM Ref2, NP1 (1), NP1 (2), PP1, PP2, PP3, NP4, PP4, NP5, PP5, NO3, NP6 ter PP6 (1) in PP6 (2).

Pionirskim vrstam so pri zasedanju praznih ekoloških niš zelo konkurenčne TIV. Slednje lahko pogosto na dolgi rok popolnoma izrinejo domorodne vrste, saj so prve uspešnejše v izrabljanju razpoložljivih virov in/ali so brez naravnih sovražnikov (Moss, 2010). Najpogosteje zabeležena tujerodna vrsta je *Impatiens glandulifera*, ki smo jo zabeležili na vseh VM z izjemo Ref1, Ref2, MO0, MO1, MO2 in MO3. Pogosto zabeležena je tudi vrsta *Fallopia japonica*, ki smo jo zabeležili na 9 VM: NP1 (1), NP1 (2), PP1, NP5, NP6, PP6 (1), PP6 (2), MO2 in MO3. Vrsta *Robinia pseudoacacia* je bila zabeležena le na 2 VM, in sicer PP6 (1) in PP6 (2). Vrsta *Rhus typhina* je zabeležena le na VM PP4 in je nasajena kot okrasno drevo na vrtu. Po deležu pokrovnosti so na vseh VM prevladovali domorodne rastlinske vrste, razen na VM MO2 in MO3, kjer so močno prevladovali invazivni (Slika 5).

5.1.1 Ocenitev stanja obrežne vegetacije

Glede na izgled struge in OP VM ter zastopanost pionirskih in invazivnih rastlinskih vrst predvidevamo, da je bilo v zgodovini najmanj posegov na VM Ref1 in Ref2. Na teh VM namreč nismo opazili nobenih znakov gospodarjenja niti nismo zabeležili TIV. Na VM MO0 so posegi v vodotok dobro vidni, vendar so bile spremembe narejene malo pred našim popisom, zato poteka sukcesije še ne moremo opaziti. V primeru poteka sukcesije bi glede na stanje VM pričakovali več pionirskih vrst, najverjetneje pa bi zabeležili tudi nekaj invazivnih, saj smo le-te opazili na bližnjih območjih, kjer popisa nismo izvajali. Na VM MO1 so morali biti posegi v vodotok izvedeni že pred leti, saj nismo opazili nobenih invazivnih vrst, delež pionirskih pa ni izredno visok. Od tega VM dolvodno so bili vplivi človekovih posegov v vodotok zaznani povsod, razen na VM PP2 in NO3. VM PP so največkrat manj spremenjena kot VM NP in imajo utrjene zgolj nekatere dele struge in bregov. Samih pregrad v raziskavo nismo vključevali in jih zato nismo vzorčili.

Opazno je počasno naraščanje pokrovnosti invazivnih rastlinskih vrst vse od NP1 (1) do MO3. Razlog za naselitev invazivnih vrst je prenašanje semen dolvodno po vodotoku s pomočjo vode ali živali. Na VM PP6 (1), PP6 (2), MO2 in MO3 lahko opazimo še hitrejše naraščanje pokrovnosti invazivnih rastlinskih vrst. Razloga za takšne rezultate sta predvsem človeška aktivnost (kanaliziranje struge in odstranjevanje obrežne vegetacije) ter bližina naselij (Allan in Castillo, 2007).

5.2 EKOMORFOLOŠKO VREDNOTENJE STRUGE (RCE) IN ABIOTSKIH DEJAVNIKOV

5.2.1 Morfološke razmere

Odseki vodotoka, ki smo jim po RCE-metodi (Preglednica 3) dodelili manjše število točk, so bolj spremenjeni s strani človeka kot tisti, ki smo jim dodelili višje število točk. Z vsoto vseh točk za posamezni odsek po RCE-metodi težko določimo stanje morfoloških razmer v vodotoku. Ob analizi smo ugotovili, da je raba prostora za OP ostala ohranjena le na treh VM, in sicer Ref1, Ref2 in NO3. Na VM PP5 in PP6 (1) je zemljišče za obrežno cono namenjeno pašnim površinam ali poljem, vendar je na teh območjih še vedno prisoten velik delež gozdov ali močvirij. VM PP1, PP2, NP4, PP4, NP5, NP6, PP6 (2) in MO2 glede na število doseženih točk uvrščamo v kategorijo, kjer se izmenjujejo obdelovalne in pašne površine. Preostala VM (MO0, MO1, NP1 (1), NP1 (2) in MO3) uvrščamo v kategorijo, kjer prevladujejo obdelovalne površine.

Ob obravnavi spremenjenosti OP smo ugotovili, da smo najvišje število točk dodelili VM Ref2, med VM z visokim deležem ohranjenosti (ovrednotenje s točkami 70–85) spadata še Ref1 in NO3. V skupino z zmernim deležem ohranjenosti (50–69) spadajo: NP1 (1), NP1 (2), PP2, NP4, NP5, PP5, NP6 in PP6 (1), v skupino z nizkim deležem ohranjenosti (3–49) pa: MO0, MO1, PP1, PP4, PP6 (2), MO2 in MO3.

Ob obravnavi spremenjenosti morfoloških razmer v strugi vodotoka smo najvišje število točk dodelili VM Ref1, med VM z visoko longitudinalno ohranjenostjo vodotoka (ovrednotena s točkami 145–165) spada še VM Ref2. V skupino z zmerno longitudinalno ohranjenostjo vodotoka (100–144) spadajo: MO1, NP1 (1), NP1 (2), PP1, PP2, PP5 in NO3, v skupino z nizkim deležem ohranjenosti (8–99) pa: MO0, NP4, PP4, NP5, NP6, PP6 (1), PP6 (2), MO2 in MO3. Problem pri vrednotenju v tem sklopu predstavlja RCE 5, ki daje enako težo umetnim in naravnim zadrževalnim strukturam, zato je izrednega pomena, da vrednotimo več parametrov.

Najboljše stanje RCE 13 smo zabeležili na VM Ref1 in Ref2. Slabše je bilo na VM NP5 in PP6 (1), kjer so nitaste alge prekrivale dno vodotoka, na ostalih VM pa smo stanje ovrednotili le s prisotnostjo nitastih alg. Vaskularnih rastlin v obravnavanem vodotoku nismo zabeležili. Detrit (RCE 15) na VM Ref1, Ref2, PP5, NO3 in NP6 večinoma sestoji iz listja in lesa brez drobnih usedlin (FPOM). Na VM MO0, NP1 (1), NP1 (2), PP1, PP2, NP4, PP4, NP5 in PP6 (2) smo določili, da sta listje in les redko prisotna, medtem ko je FPOM pogosto prisoten. Na VM MO1, PP6 (1), MO2 in MO3 smo opazili odsotnost naplavljenega listja in lesa, vendar anoksičnih usedlin nismo opazili. Z RCE 16 smo ocenjevali prisotnost in pestrost vodnih MI. Ugotovili smo, da lahko vsem VM (z izjemo MO1) pripišemo najvišje možno število točk, saj je bilo veliko število vrst prisotnih na vseh tipih substrata. Na VM MO1 smo zabeležili veliko vrst, vendar so bile te prisotne le v dobro prezračenih habitatih.

Glede na vse parametre smo ocenili, da je najboljše stanje na VM Ref1, kar iz skupnega seštevek točk ni razvidno. Razlog za boljšo oceno tega VM je, da smo mu dodelili večje

število točk pri ocenjevanju RCE 5 in RCE 12. VM Ref2 je pridobil več točk z RCE 2, vendar imata na stanje večji vpliv prrej omenjena parametra.

5.2.2 Vpliv morfoloških sprememb na RCE-stanje

Glavni razlog za ovrednotenje posameznega odseka z manjšim številom točk so človekovi vplivi. Zavedati se moramo, da nekateri posegi povečajo seštevek dodeljenih točk VM, saj npr. tlakovanje vodotoka z betonskimi bloki pripomore k stabilnosti bregov in prisotnosti zadrževalnih struktur. Prav zaradi močne korelacije med posameznimi elementi je v primeru, ko imata dva odseka vodotoka enako število točk, težko oceniti, kateri je boljši, saj vsak element pripomore k boljšemu stanju nekaterih drugih segmentov v okolju (Petersen, 1992). Za bolj natančno splošno oceno moramo stanje vodotoka vrednotiti z več parametri in več različnimi pristopi.

5.2.3 Abiotski dejavniki

Na prisotnost in pogostost posameznih vrst organizmov v vodotoku v največji meri vplivajo prav abiotski dejavniki (Preglednica 4), ki morajo biti znotraj tolerančnih meja organizma (Barko in Smart, 1981; Golovanova, 2011). Vrednosti pH so bile na vseh VM višje od nevtralne pH-vrednosti in so se gibale med 7,6 in 8,1. Vrednosti, višje od 7, smo pričakovali zaradi prevladujoče karbonatne podlage preučevanega območja in posledično zaradi višje vsebnosti karbonatnih ionov (Wetzel in Likens, 1991). Najnižjo vrednost (in s tem vrednost, ki je najbližje nevtralni) smo zabeležili na VM NP6, kjer so bile izmerjene tudi največja širina in globina struge ter zelo majhna hitrost toka. Na tem VM smo zabeležili najnižjo koncentracijo kisika (8,0 mg/L) in najnižjo nasičenost vode s kisikom (84 %). Odsek struge je osončen.

Najvišjo pH-vrednost (8,1) smo izmerili na VM MO1 in MO3. Ob primerjavi VM lahko opazimo, da se temperatura vodotoka razlikuje za 6,6 °C, medtem ko sta nasičenost z O₂ in koncentracija O₂ zelo podobni. Višja temperatura je posledica osončene kanalizirane struge dolvodno od VM PP6 (1). Ob primerjavi rezultatov lahko opazimo povečevanje nasičenosti in koncentracije O₂ na omenjenih VM. Razlog za višanje pH je najverjetneje mešanje vode v prostorih, ki so nastali med betonskimi bloki. Opazen je velik preskok v pH-vrednosti če primerjamo VM NP6 (7,6) in PP6 (1) (7,8) ter MO2 (8,0) in MO3 (8,1). Vrednost pH se najverjetneje hitro povečuje zaradi višanja temperature in kemičnih procesov v vodotoku. Hitro višanje temperature je posledica odsotnosti obrežne vegetacije, prisotnosti betonskih blokov (Nguyen in sod., 2015; Petersen, 1992) na odsekih struge in nizke globine vodotoka. Ob primerjavi referenčnih območij lahko opazimo, da se pH-vrednost giba med 7,8 in 8,0, vrednosti temperature in kisikovih razmer vodotoka pa med seboj ne moremo primerjati, saj je meritev na Ref2 potekala v poznopopoldanskih urah, medtem ko smo meritev na ostalih lokacijah izvedli v jutranjih urah. Ob primerjavi temperature, nasičenosti in koncentracije O₂ na preostalih VM lahko opazimo razlike med vrednostmi.

Temperaturne spremembe med VM Ref1 in MO0 so zelo očitne in nakazujejo, da se je temperatura vode na razdalji 2340 m dvignila za 1,4 °C, medtem ko do večjih sprememb drugih abiotskih dejavnikov ni prišlo. Naraščanje temperature je v veliki meri odvisno od

odsotnosti obrežne vegetacije in posledične povečane osončenosti struge. Na odseku od VM NP5 do NO3 smo opazili padec temperature (za $0,4^{\circ}\text{C}$), kar je posledica osončenosti struge. Na istem odseku struge zaznamo tudi padec nasičenosti in koncentracije O_2 , ki je posledica minimalne aktivnosti mešanja, nizke fotosintetske aktivnosti in prisotnosti FPOM in CPOM (mikroorganizmi ob razgradnji organskih snovi namreč porabljajo kisik; Johnson in sod., 2012)). Prevodnost in vrednost TDS sta bili najnižji na VM Ref2 in najvišji na NO3. Na obeh je organska snov prisotna, a je na VM Ref2 zastopana v večji meri kot na NO3. Večje vrednosti na NO3 si lahko razlagamo z večjo stopnjo erozije. Na tem VM bregovi namreč niso utrjeni, zaradi večje globine in širine vodotoka je tukaj tudi večja količina vode, ki s seboj odnaša večje količine substrata.

Na VM PP4 smo opazili belo peno, pri meritvah pa odstopanja vseh izmerjenih vrednosti. Najbolj očiten preskok glede na VM NP4 je v temperaturi ($0,5^{\circ}\text{C}$) in koncentraciji kisika ($0,5\text{ mg/L}$) ter nasičenosti z njim (6 %). Glede na stanje in prisotnost močnega vonja po razkrajajoči se organski snovi v zraku predvidevamo, da je med VM PP4 in NP4 vpeljan dotok organskih snovi (najverjetneje gre za kanalizacijo). Zaradi razgradnje se v vodotoku porablja O_2 .

5.2.4 Organski in anorganski substrat ter organska snov

Če so razmere za življenje z vidika fizikalnih in kemijskih parametrov ustrezne, morajo biti za naselitev in uspevanje organizmov ustrezni tudi drugi dejavniki (npr. habitatni tipi, prisotnost hrane; Blanchet in sod., 2008; Eggert in sod., 2012). Eden izmed izredno pomembnih dejavnikov, ki omogoča naselitev vodnih MI, je tip anorganskega substrata, ki mora biti za različne redove in družine različen (Barko in sod., 1991; Grabowski in Gurnell, 2016; Preglednica 6). V anorganskem substratu so za večino vodnih MI najpomembnejši intersticijski prostori, ki predstavljajo zavetje pred tokom in skrivališča ter omogočajo ustrezne razmere za življenje. Z urejanjem in spreminjanjem vodotokov je človek tudi na VM, ki smo jih preučevali, v veliki meri vplival na spremembe življenjskih razmer. Spremenil je tako teksturo in vrsto substrata kot tudi bregove vodotoka. Zabeležili smo prisotnost velikih navoženih skal, ki upočasnjujejo tok in povzročajo zadrževanje ter s tem dvig gladine vode, in betonskih zidov ter plošč za preprečevanje razlivanja vode in erozije. Po drugi strani je na teh območjih stopnja akumuliranja sedimentov večja (Carol in sod., 2006). Na reguliranih odsekih smo zabeležili večje hitrosti toka, a smo kljub temu tu zabeležili veliko pestrost vodnih MI. Zaključimo lahko, da je habitatna pestrost na vseh izbranih VM zelo visoka, pri čemer je najvišja pestrost zabeležena na VM MO1 (7) in Ref2, NP1 (1) ter NP5, kjer smo zabeležili 6 tipov anorganskega substrata.

Organska snov je lahko avtohtona ali alohtona. Oba vira v vodotoku izredno pomembno vlogo. Avtohtona organska snov, ki v primarni produkciji nastaja v vodi, predstavlja vir hrane in skrivališč ter zaradi fotosinteze v svetlem delu dneva zvišuje koncentracijo O_2 (Barko in Smart, 1981). Vloga alohtonega organskega materiala je podobna, le da ta znižuje koncentracijo O_2 . Zaradi prisotnosti odmrle alohtone organske snovi namreč poteka razgradnja, pri kateri se kisik porablja za metabolne procese mikroorganizmov (Johnson in sod., 2012). Opazimo lahko, da je količina organskega materiala daleč največja na VM NP5, najverjetneje zaradi oblike in velikosti struge ter umetne akumulacije. Poleg

tega je zastopanost organskega materiala dokaj visoka tudi na VM Ref2, MO0 in MO3. Na VM Ref2 in MO3 je nalaganje posledica nizke globine vodotoka. Organski material se ob odplavljanju iz višje ležečih VM zatakne za anorganski substrat in tam ostane do naslednjega povišanega vodostaja. Na VM MO0 so pri utrjevanju in nanašanju materiala uporabili veliko večjih skal in lesa, kar predstavlja idealne razmere za akumuliranje organskega substrata. Na ostalih VM je zastopanost organskega materiala nizka, kar povezujemo z večjo globino vode, hitrejšim tokom in manjšimi anorganskimi delci substrata. Izmed vrst organskega substrata smo najpogosteje zabeležili prisotnost CPOM, ksilala in potopljenih makrofitov. Največ ksilala smo zabeležili na VM MO0, največ CPOM na NO3, največ potopljenih makrofitov pa na MO3. Na nobenem izmed VM nismo zabeležili emergentnih makrofitov in »sewage fungusa«.

5.3 ZDRUŽBA MAKROINVERTEBRATOV

Ob primerjavi MIZ glede na tipe VM (Ref, MO, NP in PP) nismo opazili velikih razlik. Glede na pestrost habitatnih tipov smo največjo pestrost vodnih MI pričakovali na VM MO1, Ref2, NP1 (1) in NP5. Ob pregledu vzorcev in analizi podatkov smo ugotovili, da ta VM nimajo niti največje pestrosti na ravni višjih taksonov (z izjemo VM NP1 (1) in NP5) niti nimajo največjega števila osebkov (zopet z izjemo NP1 (1)). Kljub veliki pestrosti mezohabitatov smo na VM MO1 zabeležili najnižje število redov in razmeroma nizko število MI. Največ redov smo zabeležili na VM PP2 in PP5. Na prvem smo zabeležili štiri tipe anorganskega substrata, med katerimi je daleč največ mikrolitala, na drugem pa smo jih zabeležili pet, pri čemer sta prevladovala mezolital in mikrolital. Na VM PP2 smo zabeležili prisotnost živih delov kopenskih rastlin in CPOM, medtem ko smo na VM PP5 zabeležili prisotnost potopljenih makrofitov, žive dele kopenskih rastlin, ksilal, CPOM in FPOM. Ne eno in ne drugo po vrednostih abiotskih dejavnikov ne izstopa glede na ostala VM, prav tako obe uvrščamo v skupino z visoko pokrovnostjo obrežnega pasu (85 % in 90 %). Na obeh sta delež invazivnih rastlinskih vrst in zmerni delež pionirskih vrst nizka (18 % in 32 %). Po ocenjevanju z RCE-metodo je med njima 12 točk razlike, ki se kaže v vrednotenju rabe prostora za obrežno cono in prisotnostjo ter sestavo detrita. Struga je na obeh VM osenčena.

Največ osebkov smo zabeležili na VM NP1 (1), pripadali so 9 redovom; najmanj pa smo jih zabeležili na VM NP6, tudi ti so pripadali 9 redovom. Na VM NP1 (1) je bil z največjim številom osebkov v obeh stadijih razvoja zastopan red Diptera. Anorganski substrat je na VM heterogen in v večji meri sestavljen iz mezolitala (75 %). Zabeležili smo tudi prisotnost megalitala, makrolitala, mikrolitala, akala in psamala. Od organskih tipov substrata smo zabeležili prisotnost makroalg, potopljene makrofite, žive dele kopenskih rastlin, ksilal in FPOM. Če abiotske dejavnike primerjamo z VM NP6, opazimo padec pH-vrednosti za 0,2, malo višje vrednosti prevodnosti, TDS in temperature ter nižje vrednosti koncentracije O₂ in nasičenosti vode z njim. Struga je na tem VM osenčena in obdana z gosto vegetacijo (90 %). Zabeležili smo 2 invazivni in 21 domorodnih rastlinskih vrst; invazivni sta predstavljali 13 % pokrovnosti območja. Na zemljišču za obrežno cono prevladujejo obdelovalne površine.

Dokaj visoko število osebkov iz razreda Oligochaeta smo zabeležili na VM NP4 in MO2. Na VM NP4 smo zabeležili visok delež akala in argilala, v katerem ni intersticijskih prostorov. V takem sedimentu nastane mikrohabitat z nizko vsebnostjo ali celo odsotnostjo O₂. Na VM smo zabeležili tudi prisotnost organskega substrata, in sicer potopljenih makrofitov, živih delov kopenskih rastlin, ksilala in CPOM. Na VM MO2 anorganski substrat predstavlja mikrolital, zabeležili smo tudi prisotnost potopljenih makrofitov. Obe VM sta osončeni, zabeležili smo razlike v temperaturi (za 2,5 °C) ter nasičenosti vode s kisikom (za 13 %). Med VM je velika razlika tudi v pokrovnosti (75 % in 35 %) ter deležu invazivnih rastlinskih vrst (3,6 % in 50 %). V splošnem je RCE-stanje struge na VM NP4 boljše kot na VM MO2.

Predstavnike taksonov Ephemeroptera, Plecoptera in Trichoptera uvrščamo med bioindikatorske organizme, ki s svojo prisotnostjo oziroma z visokim deležem v združbi kažejo na ohranjeno vodno okolje (Suleiman in Abdullahi, 2011; Sultana in Kala, 2012). Predstavnike iz reda Ephemeroptera smo najpogosteje zabeležili na VM MO1, NP1 (1), NP4 in MO2, predstavnike reda Plecoptera na MO0, NP1 (2), PP1, NP4 in PP4, predstavnike reda Trichoptera pa na Ref1, Ref2, NP1 (1) in PP1. Iz teh podatkov bi lahko sklepali, da je stanje vodotoka na VM NP1 (1) in NP4 zelo dobro. Za VM MO1 in PP4, kjer smo opazili prisotnost pene, smo predvidevali, da se organizmi tam ne bodo pojavljali v velikem številu, vendar je iz rezultatov razvidno, da je številčnost družin iz reda Ephemeroptera tako na VM MO1 kot na VM PP4 visoka. Enako velja tudi za družino Capniidae iz reda Plecoptera, medtem ko smo na obeh VM zabeležili le nekaj predstavnikov reda Trichoptera, ki so pripadali 4 oz. 5 družinam.

Glede na veliko pestrost mezohabitov na VM MO1 smo tu pričakovali največjo pestrost redov in družin, vendar smo ob analizi rezultatov ugotovili, da po številu redov ne odstopa od povprečja, po številu osebkov v vzorcu pa je nekoliko pod povprečjem. Glavni razlog za majhno število družin in osebkov v tem vzorcu so tlakovani odseki dna in bregov struge, ki preprečujejo zadrževanje vodnih MI. Največje število osebkov smo zabeležili na VM NP1 (1), kjer so močno prevladovali organizmi iz reda Diptera. Povprečna globina na območju je bila 27 cm, hitrost toka zmerna in tip substrata ustrezen (prevladoval je mezolital); odsek struge je osenčen. Največje število redov smo zabeležili na VM PP2 in PP5. Na obeh je bila povprečna hitrost toka zmerna, globina vode je 19 oz. 40 cm. Odseka struge sta osenčena. Iz zgoraj napisanega torej lahko sklepamo, da ima poleg ustreznih vrednosti abiotskih dejavnikov in naravnega dna ter bregov velik pomen tudi osenčenost struge.

5.4 INDEKSI IN KORELACIJE

5.4.1 Indeksi

Diverzitetni S-W indeks (Shannon in Weaver, 1949) je izredno pogosto uporabljen za izračun biotske pestrosti in narašča z naraščajočo abundanco ter številom taksonov (Urbanič in Toman, 2003). Občutljiv je na razlike v zastopanosti taksonov, zato lahko z njim hitro primerjamo pestrost med posameznimi VM. Kerkhoff (2010) navaja, da so

vrednosti indeksa najpogosteje med 1,5 in 3,5, vendar so izračunane vrednosti za VM v naši raziskavi na ravni družin na VM NP1 (2), NP4 in NP6 nižje.

Iz rezultatov (Preglednica 7) je razvidno, da so vrednosti VM PP višje kot vrednosti VM NP, z izjemo VM PP4 za nivo družin. Poleg tega lahko opazimo, da je diverziteta na ravni višjih taksonov na Ref1 in Ref2 primerljiva z vrednostjo na VM MO2, medtem ko ima VM MO1, ki velja za najbolj heterogeno okolje, nižjo vrednost biotskega S-W indeksa. S pomočjo biotskih indeksov smo izračunali, da je diverziteta med VM MO na obeh ravneh najvišja na VM MO2. Med VM MO smo tu zabeležili največje število osebkov, kljub izredno majhni pestrosti mezohabitatov in skoraj popolni odsotnosti organskega materiala. Ker je pokrovnost vegetacije OP na tem območju zelo nizka (35 %), je struga osončena, vse vrednosti abiotskih dejavnikov pa so malo nad povprečjem. Izmed ostalih VM smo najnižji S-W indeks izračunali za VM NP6. Tam smo zabeležili najnižje število osebkov, kljub dokaj visoki habitatni pestrosti tako organskega kot anorganskega substrata. Zabeležene vrednosti pH, temperature in koncentracije kisika na tem VM so malo pod povprečnimi. Najvišjo vrednost S-W indeksa smo izračunali za VM Ref1, vendar je vrednost na nivoju družin zelo primerljiva s tisto, ki smo jo izračunali za VM MO2.

Vrednost Simpsonovega indeksa je najvišja na VM NP6, kar sovпада z izračuni S-W indeksa. Najnižjo vrednost in s tem najvišjo pestrost na območju smo izračunali za VM Ref1, PP2 in MO2. Največja pestrost na ravni družin je zabeležena na VM MO2, sledijo mu Ref1, PP6 (2), Ref2 in PP2.

Vrednost EPT-indeksa (Preglednica 8), ki nakazuje kvaliteto vodotoka, se dolvodno počasi manjša. Na referenčnih VM lahko opazimo padec vrednosti za 15 %, medtem ko so vrednosti na MO celo višje oz. za 1,2 % nižje kot vrednost NO3. Opazimo lahko tudi, da je vrednost EPT-indeksa na VM NP nižja kot na VM PP, saj sta na slednjih aktivnost vodnega toka in s tem povezana koncentracija kisika višji kot na prvih. Iz rezultatov je opazen tudi 50 % porast vrednosti EPT-indeksa med VM NP6 in PP6 (1), kar pripisujemo porastu koncentracije O₂ in nasičenosti vode z njim.

Biotski indeks (BMWP) pa nam kaže drugačno sliko. Vzorce Ref1, NP1 (1), NP1 (2) in PP2 smo uvrstili v prvi kakovostni razred, medtem ko smo Ref2, MO1, PP1, PP4, NP5, PP5, PP6 (1) in MO2 uvrstili v drugega. Ostala VM smo uvrstili v tretji kakovostni razred, četrtega in petega nismo zabeležili. Pri vrednotenju z indeksom ASPT smo za vsa VM dobili vrednosti nad 4,5, kar jih uvršča v 1. kakovostni razred. Problem pri tovrstnem načinu vrednotenja je, da vsi organizmi nimajo indikatorske vrednosti, poleg tega pa pri vrednotenju stanja ni pomembna številčnost osebkov, temveč le prisotnost, kar lahko daje izkrivljeno sliko stanja (Sultana in Kala, 2012).

Ob primerjavi VM po skupinah (referenčni, motena okolja (tlakovani vodotoki), odseki tik nad pregrado (NP) in odseki tik pod pregrado (PP)) smo opazili zelo malo razlik. Statistično značilno razliko smo opazili le pri izračunanih vrednostih S-W indeksa med referenčnimi odseki in VM nad pregrado. Vrednosti S-W indeksa VM nad pregrado so bile statistično značilno nižje od vrednosti na referenčnih odsekih. Z vidika diverzitete MIZ so torej območja neposredno nad pregrado občutno slabša od odsekov, kjer so morfološke razmere spremenjene (MO), oziroma so najslabša med preučevanimi skupinami odsekov. Na VM NP se odlaga več drobnozrnatega sedimenta, vključno s FPOM (Eggert in sod.,

2012), kar za večino MI predstavlja neugoden mezohabitat, poleg tega je na teh odsekih tudi nižja koncentracija kisika (Johnson in sod., 2012).

5.4.2 Korelacije med okoljskimi dejavniki in strukturo MIZ

Na osnovi korelacijskih koeficientov (Preglednica 9) lahko zaključimo, da je bolj naravna raba prostora (RCE 1) oziroma prispevno območje z visokim deležem gozda (večjo pokrovnostjo lesnatih rastlinskih vrst) v OP v pozitivni korelaciji s številom višjih taksonov MI oziroma vrednostjo S-W diverzitetnega indeksa izračunanega na podlagi redov. Če zemljišče za obrežno cono ni v intenzivni rabi (torej je bolj naravno), je vnos hranil v vodotok manjši, poleg tega ni motenj in povečanja erozije (Moss, 2010).

Nasprotno je število TIV rastlin v OP v statistično značilni negativni korelaciji s S-W diverzitetnim indeksom izračunanim na podlagi družin MI. Z večanjem deleža TIV v OP se delovanje OP spremeni, kar močno vpliva na količino in vrsto organskih snovi, ki so hrana in substrat mnogim MI (Blanchet in sod., 2008; Mineau in sod., 2012; Nguyen in sod., 2015).

Glede razmere v samem vodotoku lahko zaključimo, da ima na pojavljanje organizmov in diverzitetno v vodotoku največji vpliv 5. parameter RCE-metode vrednotenja. Pomembno vlogo imajo tudi zadrževalni pas in naravne zadrževalne strukture v vodotoku, ki preprečujejo večje motnje na območju in erozijo ter nudijo vir skrivališč in življenjskega prostora (Petersen, 1992).

EPT-indeks je v statistično značilni negativni korelaciji s pokrovnostjo TIV. Razlog za negativno korelacijo je najverjetneje, da se TIV v večji meri pojavljajo v spodnjem delu toka, medtem ko se redovi EPT pojavljajo v zgornjem. Vrednosti indeksa so v statistično značilni negativni korelaciji z večjo oddaljenostjo VM od izvira, kar pomeni, da se dolvodno zmanjšuje in kaže na slabšanje kakovosti vodnega okolja. Slednje lahko pripišemo dejstvu, da je spodnji del vodotoka bolj reguliran kot zgornji, dolvodno pa se spreminjajo tudi drugi abiotski dejavniki npr. temperatura vode in koncentracija kisika. Za EPT-indeks smo zabeležili statistično pozitivno korelacijo z ohranjenostjo morfoloških razmer v vodotoku oziroma v sami strugi, ki jih kvantitativno povzema sklop parametrov RCE 5–12, ter RCE 10 in RCE 12. EPT-indeks je v pozitivni korelaciji tudi z RCE 10, 11 in 12 ter z vsoto točk vseh ocenjevanih parametrov, ki ocenjujejo naravnost oziroma ekomorfološko spremenjenost vodotoka. EPT-indeks (Preglednica 10) je v pozitivni korelaciji s pH, koncentracijo kisika in prisotnostjo makrolitala, kar sovpada z dejstvom, da so to organizmi, ki imajo večinoma razmeroma velike potrebe po kisiku in živijo v intersticijskih prostorih v kamnitem substratu. Negativne korelacije smo zabeležili z globino vode, prevodnostjo in TDS, naraščajočo temperaturo in deležem argilala.

Tudi indeks BMWP je v statistično značilni pozitivni korelaciji z ohranjenostjo morfoloških razmer v vodotoku oziroma v sami strugi, ki jih kvantitativno povzema sklop parametrov RCE 5–12 (oziroma 5–7 in 10–12), pa tudi s posameznimi značilnostmi, kot so RCE 10, 11 in 12. Indeks BMWP je v statistično značilni negativni korelaciji z oddaljenostjo od izvira. Tudi v tem primeru je negativna korelacija pričakovana, saj so organizmi z veliko bioindikatorsko vrednostjo bolj zastopani v zgornjem delu vodotoka,

kjer so kisikove razmere praviloma boljše. Indeks BMWP je v pozitivni korelaciji s hitrostjo toka, koncentracijo O₂ ter deležem makrolitala in mezolitala. Slednje preference so pričakovane. Tudi tukaj smo opazili negativno korelacijo s temperaturo ter s prisotnostjo potopljenih makrofitov in delci CPOM.

Glede na to, da je indeks ASPT izpeljan iz indeksa BMWP, smo pričakovali korelacije s podobnim naborom parametrov. Indeks ASPT je v pozitivni korelaciji z ohranjenostjo morfoloških razmer v vodotoku oziroma v sami strugi, ki jih kvantitativno povzema sklop parametrov RCE 5–12 (oziroma 5–7 in 10–12). Opazili smo tudi pozitivno korelacijo z makrolitalom in mezolitalom ter negativno korelacijo s temperaturo vode (Preglednica 10).

Opazili smo tudi nekatere korelacije med posameznimi redovi organizmov in parametri analize RCE. Tako smo za sklop RCE 5–12 opazili statistično značilno pozitivno korelacijo s številčnostjo bioindikatorskih vrst reda Trichoptera. Vrste za svoje preživetje na območju potrebujejo zadrževalne strukture, ki nakazujejo na odsotnost močnih motenj. Mladoletnicam večinoma ustrezajo nižje hitrosti toka in bolj plitva območja, saj so v negativni korelaciji z globino vode. Mladoletnice so v negativni korelaciji s prevodnostjo in TDS ter kažejo preferenco do območij, kjer je koncentracija kisika visoka. Med habitatnimi tipi jih najpogosteje najdemo na območjih z makrolitalom in mezolitalom ter s prisotnimi makroalgami.

Za RCE 1 smo opazili izrazito negativno korelacijo s predstavniki reda Diptera v obeh stadijih razvoja. Organizmi iz reda Diptera ne sodijo med bioindikatorske organizme, saj imajo visoke tolerančne meje glede onesnaženosti okolja. Organizmi kažejo veliko preferenco do plitvih delov vodotoka in so v pozitivni korelaciji s povečevanjem koncentracije O₂. Organizmi niso v izraziti pozitivni korelaciji z nobenim izmed tipov substrata, imajo pa večjo preferenco do argilala, živih delov kopenskih rastlin ter ksilala in negativno korelacijo z delci CPOM.

Za RCE 2 smo zabeležili pozitivno korelacijo s taksonom Hydracarina. Predstavniki tega reda kažejo preferenco do mezolitala, nakazujejo pa tudi na splošno prisotnost organskega materiala.

RCE 5 je v pozitivni korelaciji s taksoni Ephemeroptera, Trichoptera in *Gammarus* ter v izrazito negativni korelaciji z razredom Gastropoda. Predstavniki, prvih treh taksonov zaradi svojega načina življenja potrebujejo zadrževalne strukture, bodisi naravne ali umetne, pripadniki razreda Gastropoda pa za preživetje trdnih struktur ne potrebujejo. Organizmi iz reda Ephemeroptera imajo preferenco do večjih hitrosti toka. Opazili smo tudi višjo preferenco do tehnilitala in argilala kot do drugih tipov substrata, kar potrjuje pozitivna korelacija z RCE 5. Prav tako je razvidna preferenca do območij, kjer je koncentracija kisika višja. Omenjeni red je na splošno v negativni korelaciji z organskim materialom, še posebej s ksilalom in delci FPOM. Pri predstavnikih rodu *Gammarus* smo opazili, da tolerirajo vse hitrosti vodnega toka in da so v negativni korelaciji z naraščajočo globino. Rod je v pozitivni korelaciji z naraščajočo pH-vrednostjo vode, temperaturo in prisotnostjo kisika, a torelanca do višje temperature nakazuje na to, da na pomanjkanje kisika ni občutljiv. Zabeležili smo negativno korelacijo z naraščajočima vrednostima prevodnosti in TDS. Organizmi so v negativni korelaciji tudi s širino struge, saj smo jih v največjem številu zabeležili na VM PP6 (1), MO2 in MO3, kjer je bila struga tlakovana z

betonskimi bloki. Med tipi substrata kažejo negativno korelacijo z akalom, prisotnostjo živih delov rastlin in CPOM-delci ter pozitivno korelacijo s tehnilitalom.

Predstavniki razreda Gastropoda so v negativni korelaciji s hitrostjo toka in imajo zelo izrazito pozitivno korelacijo z naraščanjem globine vode. Razred ima negativno korelacijo tudi z vrednostjo pH vode, kar je v nasprotju s podatki iz literature. Višje vrednosti pH so povezane s prisotnostjo CaCO₃, ki je osnovni gradnik lupin, nizek pH pa tako povzroča razpadanje hišice (Golovanova, 2011; Golovanova in Golovanov, 2011). Po drugi strani je red v pozitivni korelaciji s koncentracijo kisika, prevodnostjo in vrednostjo TDS. Na anorganskih substratih smo jih najpogosteje zabeležili na VM, kjer sta bila prisotna habitatna tipa mezolital in mikrolital, izmed organskih substratov pa kažejo negativno korelacijo s prisotnostjo makroalg in pozitivno s prisotnostjo živih delov kopenskih rastlin.

RCE 6 je v pozitivni korelaciji s taksonoma Plecoptera in Hydracarina, kar nakazuje na njuno netoleranco do hitrega vodnega toka, česar viri ne potrjujejo (Hynes, 1976). Pri predstavnikih reda Plecoptera smo zaznali večjo preferenco do večje širine struge, megalitala, akala in argilala ter negativno korelacijo z naraščanjem temperature in tehnilitalom. Slednjega smo večinoma zabeležili na VM, kjer je bila širina struge majhna, poleg tega so na takšnih VM hitrosti toka in temperature visoke.

RCE 7 je v pozitivni korelaciji z ličinkami in odraslimi hrošči (Coleoptera), ki niso občutljivi na povečanje količine usedlin v strugi in imajo izrazito negativno korelacijo z rodом *Gammarus*. Red Coleoptera kaže preferenco do VM, kjer smo zabeležili visoke deleže makrolitala in mezolitala ter prisotnost delcev FPOM. Red kaže negativno korelacijo s tehnilitalom.

RCE 10 nakazuje pozitivno korelacijo z obema stadijema redov Coleoptera in Trichoptera, slednji kaže pozitivno korelacijo tudi z RCE 11. Red Coleoptera za svoj obstoj potrebuje mezohabitate, ki preprečujejo odlaganje peščenih usedlin, zaradi česar je tok hitrejši. Enako velja tudi za red Trichoptera, ki pa za svoj obstanek potrebuje tudi veliko intersticijskih prostorov. RCE 12 nakazuje pozitivno korelacijo z redom Trichoptera in Coleoptera imago, slednji pa kaže pozitivno korelacijo tudi z RCE 13. Tudi tukaj se pokaže pomembnost prisotnosti vodnega toka na območjih, torej prisotnosti tolmunov in brzic. Za red Coleoptera je pomembna tudi prisotnost mahov in posameznih kosmov alg.

RCE 15 nakazuje izrazito negativno korelacijo s taksonoma Ephemeroptera in *Gammarus*, ki sta občutljiva na večje količine listja in lesa. Predstavniki razreda Bivalvia so v pozitivni korelaciji z višjimi temperaturami ter prisotnostjo organskega materiala. Predstavniki reda Odonata so v pozitivni korelaciji z naraščajočo prevodnostjo in vrednostjo TDS, kažejo pa preferenco do mikrolitala ter živih delov kopenskih rastlin.

Ugotovili smo pozitivno korelacijo med številom višjih taksonov in naraščajočo globino vode ter naraščanjem koncentracije O₂. Največja je preferenca do mikrolitala in živih delov kopenskih rastlin, številčnost višjih taksonov pa je v negativni korelaciji z megalitalom, makrolitalom ter ksilalom. Število družin je v pozitivni korelaciji z minimalno hitrostjo toka, vidna je tudi pozitivna korelacija z nasičenostjo z s kisikom ter makrolitalom. Opazna je negativna korelacija z akalom, argilalom, potopljenimi makrofitnimi delci CPOM, posebno izrazita pa je negativna korelacija s ksilalom. Za število osebkov je opazna

pozitivna korelacija z nasičenostjo vode s kisikom, ter preferenca do argilala. Opazna je negativna korelacija s psamalom in prisotnostjo CPOM-delcev.

Simpsonov indeks in S-W indeks na ravni višjih taksonov ne kažeta izrazitih preferenc, z izjemo pozitivne korelacije S-W indeksa z mikrolitalom. Ob primerjavi obeh indeksov na nivoju družine opazimo preferenco do prisotnosti toka in nizkih globin vode v prid S-W indeksu. Prav tako lahko opazimo pozitivno korelacijo med S-W indeksom in pH-vrednostmi. Izrazito negativno korelacijo lahko opazimo med S-W indeksom in širino struge ter prisotnostjo akala in ksilala.

Med raziskavo smo ugotovili, da je stanje vodotoka dobro. To smo ocenili s pomočjo različnih diverzitetnih indeksov. S-W Indeks kaže na največjo diverziteto oziroma na najboljše stanje na VM Ref1 (višjih taksonov (VT) – 1,594 in družin (D) – 2,141) in MO2 (VT – 1,580 in D – 2,140). Najnižje vrednosti S-W indeksa smo izračunali za VM NP6 (VT – 0,640 in D – 0,760) in VM NP1 (2) (VT – 1,140 in D – 1,340). Tudi ocena s seštevkom BMWP kaže na najboljše stanje na VM Ref1 (113), drugo najboljše stanje je ocenjeno na VM NP1 (2) (110). Najslabše stanje je ocenjeno na VM NP6 (41), drugo najslabše pa na VM NP4 (49). Glede na oceno stanja z EPT-indeksom smo najboljše stanje zabeležili na VM Ref1 in MO1 (na obeh je bil delež 50 %), medtem ko je bilo najslabše stanje zabeleženo na VM PP6 (2) (29,4 %), drugo najslabše pa na NP6 (30,8 %).

5.4.3 Vpliv okoljskih dejavnikov na strukturo MIZ

Na sestavo združbe MI odločilno vpliva oddaljenost od izvira, ki sovпада z oddaljenostjo od izvira, kar je v skladu z longitudinalnim konceptom rek (Vannote in sod., 1980). Na sestavo MIZ močno vpliva tudi koncentracija O₂, kar je za MI tudi logično in pričakovano. Različni taksoni imajo namreč zelo različne zahteve oziroma toleranco glede količine raztopljenega kisika v vodi (Hauer in Hill, 1996).

Na sestavo MIZ imata statistično značilen vpliv tudi prisotnost zadrževalnih struktur, ki so v metodi ekomorfološkega vrednotenja vodotokov ovrednotene s parametrom RCE 5 (Petersen, 1992), in ohranjenost longitudinalne strukture vodotoka (RCE 12). Parameter RCE 12 oziroma gradient ohranjenosti longitudinalne strukture vodotoka (meandrov) je na isti osi kot število odseka, le da narašča v nasprotni smeri. To pomeni, da se ohranjenost meandrov dolvodno zmanjšuje, s tem pa se bolj intenzivno, kot bi se sicer, spreminja tudi MIZ. Od teh dveh dejavnikov je neodvisen parameter RCE 5, s katerim ovrednotimo prisotnost naravnih zadrževalnih struktur oz. delov lesa. Iz tega je razviden vpliv ohranjenosti oziroma spremenjenosti morfoloških razmer na sestavo in posledično tudi na diverziteto MIZ.

6 SKLEPI

1. Predpostavili smo, da pokrovnost lesnate vegetacije v obrežnem pasu dolvodno počasi upada ter da je le-ta manjša tudi na območjih v bližini naselij. Obenem smo predpostavljali tudi, da se delež TIV dolvodno povečuje.

- Pokritost obrežnega pasu z vegetacijo dolvodno počasi upada, a pokritost obrežnega pasu ob manjših naseljih (npr. Šujica) ni nujno manjša. Število in delež invazivnih rastlinskih vrst v obrežnem pasu se dolvodno počasi povečuje, saj se povečuje število VM, kjer so prisotne motnje.

2. Predvidevali smo, da poleg sedimentov na MIZ vplivata tudi prisotnost vodnih makrofitov ter raba prostora za obrežno vegetacijo.

- Ugotovili smo, da prisotnost vodnih makrofitov ne vpliva na povečanje diverzitete MIZ, nasprotno pa manj naravna raba prostora za obrežno vegetacijo sovпада z zmanjšanjem diverzitete MI, kar smo ovrednotili z RCE 1.

3. Morfološka spremenjenost vodotoka bo negativno vplivala na diverziteto MIZ.

- Morfološka spremenjenost vodotoka negativno vpliva na diverziteto MIZ, saj so prisotne spremembe v OP, abiotičnih dejavnikih in pestrosti substrata.

Iz prikazanih rezultatov lahko zaključimo, da je zelo pomembno izračunati več različnih indeksov in izbrati več različnih prostorov za posamezno vzorčno mesto, če želimo oceniti realno stanje vodotoka. Vsak indeks ima namreč svoje prednosti in slabosti, ki jih lahko omilimo prav z uporabo različnih pristopov.

Za boljše stanje vodotokov bi morali začeti razmišljati o drugačnih načinih sanacije, kot so regulacije s tlakovanjem struge ter bregov in gradnja pregrad. V OP bi morali na motenih odsekih zasajati drevesa. Kjer je lesnata vegetacija v OP prisotna, je ne bi smeli odstranjevati. Prav tako ne bi smeli spreminjati struge, saj substrat, ki je tam naravno prisoten, predstavlja večjo heterogenost življenjskega prostora. Prav heterogenost okolja pa ima poleg hrane velik vpliv na pestrost MIZ v vodotoku. Na splošno bi vodi morali pustiti prostor, da se ob povečanih pretokih razlije na poplavnih ravninah, upočasni svoj tok v meandrih in od tam počasi pronica v tla. Za povečanje poplavne varnosti bi morali tudi prepovedati gradnjo objektov na poplavnih območjih.

7 POVZETEK

Ljudje smo sprva živeli v sožitju z naravo, pri gradnji bivališč smo se izogibali poplavnih ravnin in izpostavljenih območij, vodotoki pa so bili vir pitne vode in s tega vidika nujno potrebni za preživetje. Kasneje je človek na poplavnih ravninah začel kmetovati in graditi naselja, pričelo se je obsežno izsekavanje gozdov, izsuševanje in zasipavanje močvirij itd. Pred pol stoletja se je začela pospešena intenzifikacija poljedelstva. Zaradi potreb po pridelavi večjih količin hrane smo začeli posegati tudi po različnih sredstvih, npr. pesticidih in gnojilih (Moss, 2010). Človek je s svojim delovanjem vplival tudi na vodni cikel in kroženje snovi. Sčasoma smo vodotoke in njihovo okolico spremenili trajno ter s tem povzročili tudi spremembe mnogih procesov (Grabowski in Gurnell, 2016), ki se danes kažejo v številnih neljubih dogodkih, npr. poplavam. Ukrepi proti poplavam so dandanes številni in raznoliki. Zajemajo vse od izgradnje pregrad, ki omogočajo zadrževanje vode, do poglobljanja, oženja in tlakovanja struge z betonskimi bloki, ki omogočijo hitro odtekanje vode (Petersen, 1992). Pomembno vlogo pri ekološkem stanju vodotoka ima tudi vegetacija, ki je lahko avtohtona ali alohtona. Slednja ima zelo velik pomen tako z vidika senčenja struge kot tudi z vidika vnosa hranilnih snovi v vodotok. Od tega je namreč odvisna tudi sestava MIZ.

Vsak organizem potrebuje za svoje preživetje specifične razmere. Abiotski dejavniki v vodotoku so med seboj izredno povezani in ob spremembi enega izmed njih se spremenijo tudi drugi (npr. korelacija med temperaturo in koncentracijo O₂). Poleg ustreznih fizikalnih in kemijskih razmer je za pojavljanje organizma na nekem območju nujno potrebna tudi prisotnost tipa substrata (organskega in/ali anorganskega), ki mu omogoča preživetje. Posamezen red je odvisen tudi od prisotnosti drugih MI na območju, saj je treba upoštevati tudi znotrajvrstne in medvrstne odnose.

Cilj moje magistrske naloge je bil raziskati in ugotoviti obsežnost povezave med antropogenimi morfološkimi spremembami na hudourniški reki Gradaščici in MIZ.

V ta namen smo izvedli analizo stanja na več odsekih. Na 18 VM smo izmerili abiotske dejavnike, kot so koncentracija kisika, pH vode, prevodnost, hitrost toka, substrat, globina vode itd. Izvedli smo tudi popis obrežne vegetacije, RCE-stanja struge in sestavo MIZ. Stanje diverzitete MIZ najlažje ocenimo tako, da jo kvantificiramo in izračunamo različne diverzitetne indekse. V naši raziskavi smo primerjali vrednosti S-W in Simpsonovega indeksa, ker so bili vzorci nabrani na enakih površinah, pa smo lahko primerjali tudi število nižjih in višjih taksonov v vzorcu. Za oceno organske obremenjenosti, ki z naraščanjem negativno vpliva na diverzitetu, smo uporabili indekse EPT, BMWP in ASPT. Zbrane podatke smo statistično obdelali.

Ugotovili smo, da se tujerodne rastlinske vrste pojavljajo v spodnjem delu vodotoka predvsem na območjih, kjer so očitne sledi motenj ali posegov v okolje. Ob popisu RCE-stanja smo ugotovili, da so odseki v zgornjem delu vodotoka bolj naravni kot tisti v spodnjem delu, kar smo glede na prisotnost naselij tudi pričakovali.

Pri primerjavi meritev abiotskih dejavnikov med posameznimi VM smo opazili razlike, vendar pri tem nismo izmerili skrajnih vrednosti, ki bi onemogočale obstoj številnim MI. Zabeležili smo 50 domorodnih rastlinskih vrst in 4 tujerodne, pri katerih smo opazili, da

nimajo zelo negativnega vpliva na MIZ. Glede parametrov, ki smo jih ocenjevali z metodo RCE, smo ugotovili, da imajo na diverziteto MIZ največji vpliv naravna raba zemljišča za obrežno cono, prisotnost naravnih zadrževalnih struktur v vodotoku in naravnost struge v smislu prisotnosti brzic, meandrov in tolmunov. Na povečanje diverzitete imata pozitiven vpliv tudi koncentracija O₂ in prisotnost ustreznih tipov substrata.

Posamezni indeksi kot najboljša prikazujejo ista VM, ne glede na to, da ocenjujejo različne parametre. Ob izračunih posameznih korelacij med redovi, RCE-parametri, abiotskimi dejavniki in tipi substrata smo izračunali tudi pozitivne in negativne korelacije med posameznimi elementi. S pomočjo teh izračunov smo lažje analizirali stanje posameznih odsekov vodotoka.

V prihodnje bi bilo treba monitoring izvajati pogosteje, saj bi tako lahko sledili širjenju tujerodnih vrst in sledili stanju in spremembam v vodotoku. Z dodatnimi analizami in vsakoletnim monitoringom bi sčasoma lahko pridobili tudi boljši vpogled v delovanje ekosistema in s tem predvideli spremembe, do katerih bi prišlo ob posegih v vodotok.

8 VIRI

- Abdel-Gawad S. S., Mola H. R. A. 2014. Macrobenthic invertebrates in the main channel of lake Nasser. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 40: 405–414
- Agersborg H. P. K. 1930. The influence of temperature on fish. *Ecology*, 1: 136–144
- Allan D. J., Castillo M. M. 2007. *Stream ecology – structure and function of running waters*, 2nd ed. Dordrecht, Springer: 436 str.
- Arkema K. K., Reed D. C., Schroeter S. C. 2009. Direct and indirect effects of giant kelp determine benthic community structure and dynamics. *Ecological Society of America*, 90: 3126–3137
- Athey L. A., Connor E. F. 1989. The relationship between foliar nitrogen content and feeding by *odonata dorsalis* Thun. on *Robinia pseudoacacia* L. *Oecologia*, 79: 390–394
- Barko J. W., Gunnison D., Carpenter S. R. 1991. Sediment interactions with submersed macrophyte growth and community dynamics. *Aquatic Botany* 41: 41–65
- Barko J. W., Smart M. R. 1981. Comparative influences of light and temperature on the growth and metabolism of selected submersed freshwater macrophytes. *Ecological Monographs*, 51: 219–236
- Blanchet S., Loot G., Dodson J. J. 2008. Competition, predation and flow rate as mediators of direct and indirect effects in a stream food chain. *Oecologia*, 157: 93–104
- Blanchette M. L., Davis A. M., Jardine T. D., Pearson R. G. 2014. Omnivory and opportunism characterize food webs in a large dry tropics river system. *Freshwater Science*, 33: 142–158
- Braak C. J., Smilauer P. 2002. *CANOCO Reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5)*. New York, Microcomputer Power: 500 str.
- Carol J., Benjamin L., Alcaraz C., Vila-Gispert A., Zamora L., Navarre E., Armengol J., Garcia-Berthou E. 2006. The effects of limnological features on fish assemblages of 14 Spanish reservoirs. *Ecology of Freshwater Fish*, 15: 66–77
- Connolly N. M., Pearson R. G., Pearson B. A. 2016. Riparian vegetation and sediment gradients determine invertebrate diversity in streams draining an agricultural landscape. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 221: 163–173
- Cumberlidge N., Ng P.K.I., Yeo D.C.J., Magalhaes C., Campos M.R., Alvarez F., Naruse T., Daniels S. R., Esser L. J., Attipoe F.Y.K., Clotilde-Ba F.L., Darwall W., McIvor A., Baillie J.E.M., Collen B., Ram M. 2009. Freshwater crabs and the biodiversity crisis: Importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Conservation*, 142: 1665–1673

- Dobson M., Pawley S., Fletcher M., Powell A. 2012. Guide to freshwater invertebrates. Ambleside, Freshwater Biological Association: 216 str.
- Eggert S. L., Wallace J. B., Meyer J. L., Webster J. R. 2012. Storage and export of organic matter in a headwater stream: responses to long-term detrital manipulations. *Ecosphere*, 3, doi: 10.1890/ES12-00061.1: 25 str.
- Eiler A., Niedzwiedzka K. Z., Garcia M. M., McMahon K. D., Stepanauskas R., Andersson S. G. E., Bertilsson S. 2013. Productivity and salinity structuring of the microplankton revealed by comparative freshwater metagenomics. *Environmental Microbiology*, 16: 2682–2698
- Falinski J.B. 1986. Vegetation dynamics in temperate lowland primeval forests; Ecological studies in Bialowieza forest. Dordrecht, Dr W. Junk Publishers: 537 str.
- Fischer S., Zanotti G., Castro A., Quiroga A., Quiroga L., Vargas V. 2013. Effect of habitat complexity on the predation of *Buenos fuscipennis* (Heteroptera: Notonectidae) on mosquito immature stages and alternative prey. *Journal of Vector ecology*, 38: 215–223
- Flores L., Larranaga A., Elozegi A. 2014. Compensatory feeding of a stream detritivore alleviates the effects of poor food quality when enough food is supplied. *The Society for Freshwater Science*, 33: 134–141
- Golovanova I. L. 2011. Effects of Abiotic Factors (Temperature, pH, Heavy Metals) on Activities of Glycosidases in Invertebrate Animals. *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology*, 47: 15–20
- Golovanova I. L., Golovanov V. K. 2011. Effect of Abiotic Factors (Temperature, pH, Heavy Metals) on Activity of Carbohydrases of Food Objects of Ichthyophages. *Journal of Ichthyology*, 51: 633–640
- Grabowski R.C., Gurnell A.M. 2016. Diagnosing problems of fine sediment delivery and transfer in a lowland catchment. *Aquatic Sciences*, 78: 95–106
- Hammer Ø., Harper D. A. T., Ryan P. D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4, doi: palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm: 9 str.
- Hauer F. R., Hill W. R. 2007. Temperature, light and oxygen. V: Methods in stream ecology. 2nd ed. Hauer F. R., Lamberti G. A. (ur.). Amsterdam, Elsevier: 103–117
- Horsak M., Bojkova J., Zahradkova S., Omesova M. 2009. Impacts of reservoirs and channelization on lowland river macroinvertebrates: A case study from Central Europe. *Limnologia*, 39: 140–151
- Hynes H. B. N. 1976. Biology of Plecoptera. *Annual review of entomology*, 21: 135–153

- Jäger E.J., Werner K. 2000. Exkursionsflora von Deutschland, Bd. 3 Gefäßpflanzen: Atlasband. 10th edition. Berlin, Spektrum Akademischer Verlag: 753 str.
- Johnson L. T., Royer T. V., Edgerton J. M., Leff L. G. 2012. Manipulation of the dissolved organic carbon pool in an agricultural stream: responses in microbial community structure denitrification and assimilatory nitrogen uptake. *Ecosystems*, 15: 1027–1038
- Kerkhoff 2010. Measuring biodiversity of ecological communities. *Ecology Lab, Biology 229*: 3 str.
<http://biology.kenyon.edu/courses/biol229/diversity.pdf>, (20.maj 2016)
- Malozzi J., Feio M. J., Salas F., Marques J. C., Callisto M. 2013. Maximum ecological potential od tropic reservoirs and benthic invertebrate communities. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185: 6591–6606
- Mineau M. M., Baxter C. V., Marcarelli A. M., Minshall G. W. 2012. An invasive riparian tree reduces stream ecosystem efficiency via a recalcitrant organic matter subsidy. *Ecology*, 93: 1501–1508
- Moss B. R. 2010. *Ecology of freshwaters: A view for the twenty-first century*, 4th edition. Chichester, Wiley-Blackwell: 480 str.
- Nguyen T. H. T., Boets P., Lock K., Damanik Ambarita M. N., Eurie Forio M. A., Sasha P., Dominguez-Granda L.E., Hoang T. H. T., Everaert G., Goethals P. L. M. 2015. Habitat suitability of the invasive water hyacinth and its relation to water quality and macroinvertebrate diversity in a tropical reservoir. *Limnologica*, 52: 67–74
- Olson M. H., Barbieri N.E. 2014. Mechanisms of ultraviolet radiation tolerance in the freshwater snail *Physa acuta*. *The Society for Freshwater Science*, 33: 66–72
- Petersen R. C. 1992. The RCE: a riparian, channel and environmental inventory for small streams in the agricultural landscape. *Freshwater biology*, 27: 295–306
- Shannon C. E., Weaver W. 1949. *The mathematical theory of communication*. Urbana, The University Illinois Press: 117 str.
- Smith A.J, Rickard S., Mosher E.A., Lampersberger J. L., Heitzman D.L., Duffy B.T., Novak M.A., 2015. Bronx river: Biological stream assessment. New York, NYS Department of Environmental Conservation Albany: 34 str.
http://www.dec.ny.gov/docs/water_pdf/bronxriverras2015.pdf (15. jun. 2016)
- Sinergise d.o.o. 2013. Geopedia – interaktivni spletni atlas in zemljevid Slovenije, Geodetski inštitut Slovenije.
http://www.geopedia.si/#T105_x499072_y112072_s9_b4, (maj, 2015)
- Suleiman K. in Abdullahi I. L. 2011. Biological assessment of water quality: a study of challawa river water Kano, Nigeria. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 4: 121–127

Sultana R. in Kala D. S. 2012. Water body quality analysis by benthic macro invertebrates. *International Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 1: 269–279

Tachet H., Richoux P., Bournaud M. 2010. Invertebres d'eau douce – Systematique, biologie, ecologie. Paris, CNRS Editions: 588 str.

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

Vannote R. L., Minshall G. W., Cummins K. W., Sedell J. R., Cushing C.E., 1980. The river continuum concept. *Fisheries and aquatic sciences.*, 37: 130–137

Wetzel R. G., Likens G. E. 1991. *Limnological analysis*; 2nd edition. New York, Springer Verlag: 429 str.

ZAHVALA

Hvala Mihaelu Jožefu Tomanu za pomoč pri izbiri teme moje magistrske naloge in pomoč pri načrtovanju osnovne poti.

Hvala Igorju Zelniku za pomoč pri iskanju gradiva, prepoznavanju rastlinskih in živalskih vrst, iskanju in določanju lokacij, seznanjanju z metodami vzorčenja in popisovanja, za podporo in vsesplošno pomoč.

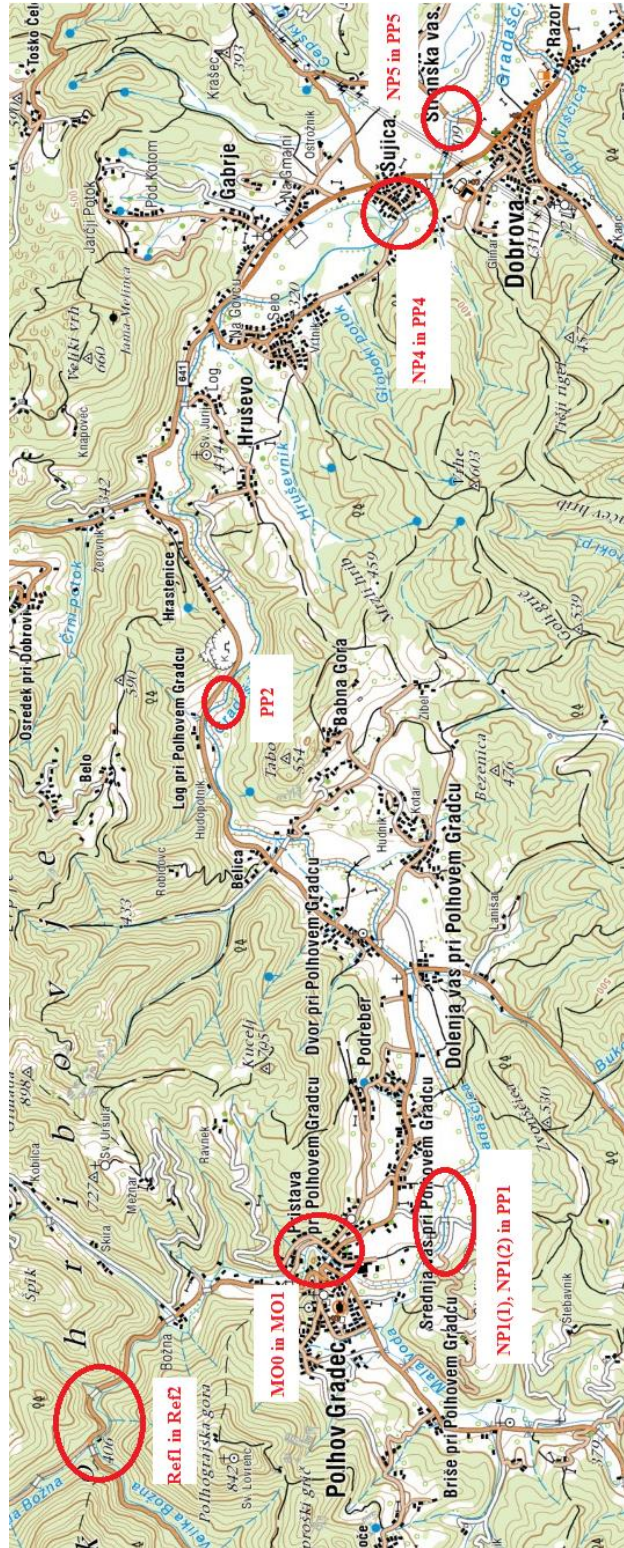
Hvala Draganu Abramcu za pomoč pri vzorčenju makroinvertebratov, popisu substrata in pomoč v laboratoriju.

Hvala zaročencu, Mihi Mucu za podporo pri težkih odločitvah, pomoč pri načrtovanju in pomoč na terenu, očetu za pomoč pri orientaciji in prvem pregledu lokacij, mami in Nini Kompare za pomoč na terenu ter Erni in Darku Muc za vso podporo.

PRILOGE

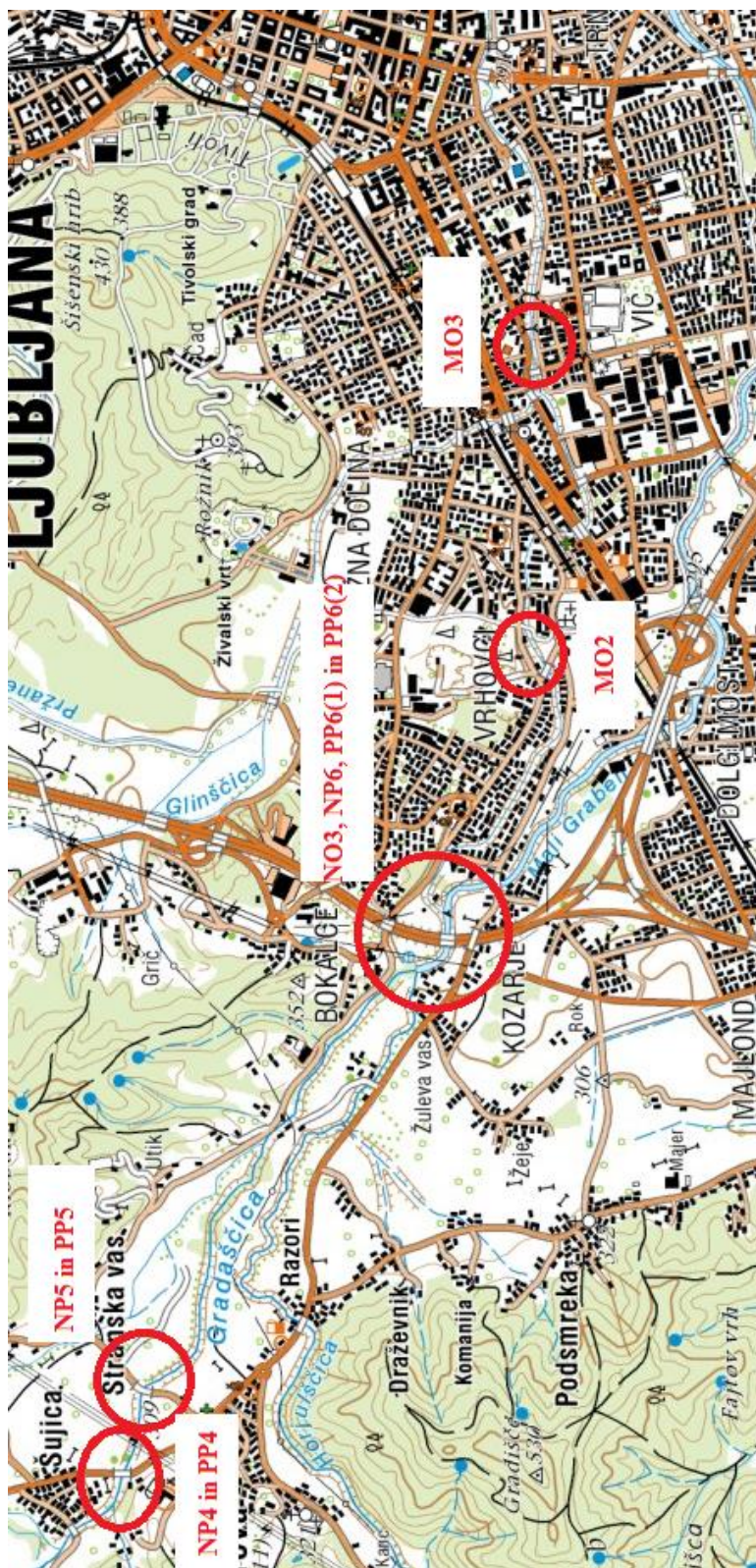
Priloga A:

Prikaz lokacij Ref1–PP5



Priloga B:

Prikaz lokacij NP4–MO3



Priloga C:

Obrazec za terenski popis indeksa RCE (1.–6. parameter)

1. INDEKS RCE

Ena od metod ekomorfološkega vrednotenja vodotokov je t. i. indeks RCE (obrežje, struga in okolje) (Peterson, 1992).

Metoda je bila razvita za vrednotenje majhnih (<3 m široki), nižinskih vodotokov na kmetijskih območjih na osnovi fizičnih in biotskih značilnosti vodotoka, upošteva značilnosti njegovega zaledja. Preizkušena je bila na vodotokih v Združenih državah Amerike, Italiji in na Švedskem. S kasnejšimi analizami se je pokazalo, da je metoda uporabna tudi za gorske potoke, preizkušena pa je bila tudi na večjih rekah.

Metoda je osnovana na 16 značilnostih obrežne vegetacije in zaledja, morfoloških značilnosti struge ter biotskih razmer v vodnih in obrežnih habitatih. Pri vrednotenju opazovalec izbere mesto opazovanja ter upošteva odsek v dolžini 50 m po toku navzgor in 50 m po toku navzdol od mesta opazovanja. Opazovane značilnosti zabeleži v obrazec RCE (tabela 17), v katerem je vsaka od značilnosti razdeljena v štiri različno ovrednotene kategorije. Z vrednostjo 1 je označeno najbolj spremenjeno ali degradirano stanje izbrane značilnosti vodotoka, z najvišjo vrednostjo (ki je med 15 in 30) pa najbolj nespremenjeno - naravno stanje.

Tabela 17. Obrazec RCE

Zap. št.	Parameter in opis stanja	Vrednosti
1.	Raba zemljišča za obrežno cono	
	Nespremenjena (prvotna), gozdni sestoji in naravna močvirja	30
	Izmenjavanje pašnih površin, gozdov in močvirij, nekaj polj	20
	Izmenjavanje obdelovalnih in pašnih površin	10
	Prevladujejo obdelovalne površine	1
2.	Širina cone obrežne vegetacije med robovoma struge in polj	
	Močvirna ali lesnata obrežna vegetacija > 30 m širine	30
	Močvirna ali lesnata obrežna vegetacija od 5 do 30 m širine	20
	Močvirna ali lesnata obrežna vegetacija od 1 do 5 m širine	5
	Močvirne ali lesnate obrežne vegetacije ni	1
3.	Sklenjenost obrežne vegetacije	
	Sklenjena obrežna vegetacija, brez prekinitev v vegetaciji	30
	Prekinitve vegetacije se pojavljajo na razdaljah > 50m	20
	Prekinitve vegetacije se pojavljajo vsakih 50 m	5
	Po celotni dolžini brez obrežne vegetacije	1
4.	Obrežna vegetacija znotraj 10-metrskega pasu ob strugi	
	>90 % pokrovnosti predstavljajo nepionirska drevesa ali grmovja in močvirske rastline	25
	Mešane pionirske združbe vzdolž struge z drevesi v ozadju	15
	Vegetacija travnih vrst in redkih pionirskih dreves ali grmovja	5
	Travnata vegetacija, nekaj dreves ali grmovja	1
5.	Zadrževalne strukture	
	Struga s skalami in/ali matično kamnino	15
	Skale prisotne, od zadaj zapolnjene z usedlinami	10
	Zadrževalne strukture v strugi nestabilne; ob povišanih vodostajih se premikajo	5
	Peščena naplavina; le nekaj zadrževalnih struktur v strugi	1
6.	Oblika struge	
	Zadosti velika struga za najvišje letne pretoke, razmerje širina/globina <7	15
	Redko preplavljeni bregovi, razmerje širina/globina struge od 8 do 15	10
	Razmerje širina/globina struge od 15 do 25	5
	Preplavljanje bregov pogosto, razmerje širina/globina >25, ali pa je vodotok kanaliziran	1

Priloga D:

Obrazec za terenski popis indeksa RCE (7.–16. parameter)

7.	Usedline v strugi	
	Odlaganje usedlin malo ali nič ne vpliva na povečanje struge	15
	Malo skalnih ali kamnitih ovir v strugi s spranimi naplavinami, malo muljastih naplavin	10
	Ovire iz skal, peska ali muljastih naplavin pogoste	5
	Struga deljena v preplete ali pa je vodotok kanaliziran	1
8.	Struktura bregov	
	Bregova stabilna, kamnita ali čvrsto utrjena s travo, grmičevjem in drevesnimi koreninami	25
	Bregova trdna, utrjenost s travo in grmičevjem rahla	15
	Zemljina na bregovih rahla, zadržuje jo skromna plast trave in grmičevja	5
	Nestabilna bregova iz rahle zemljine ali peska, erozija prisotna	1
9.	Spodjedanje bregov	
	Ni opazno, oziroma je opazno na predelih, ki so utrjeni z drevesnimi koreninami	20
	Spodjedanje le na zavojih in ožinah	15
	Pogosto spodjedanje bregov	5
	Močno spodjedanje vzdolž struge, erozija prisotna	1
10.	Kamnit substrat: videz in oblika	
	Kamni čisti, brez ostrih robov in peščenih usedlin na površini; lahko pa so počrneli	25
	Kamni brez ostrih robov in z rahlimi peščenimi usedlinami na površini	15
	Nekateri kamni z ostrimi robovi in očitnimi peščenimi usedlinami na površini	5
	Kamni svetli z ostrimi robovi in očitnimi peščenimi usedlinami na površini	1
11.	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 sprjetega peska in mulja, kamnitega substrata ni	1
12.	Brzice, tolmuni ali meandri	
	Enakomerno prisotni na razdaljah od 5- do 7-kratne širine vodotoka	25
	Nepravilno razporejeni	20
	Dolgi tolmuni, ločeni s kratkimi brzicami, meandri odsotni	10
	Meandri, brzice in tolmuni odsotni ali pa je vodotok kanaliziran	1
13.	Vodna vegetacija	
	Sestoji iz mahov in posameznih kosmov alg, druge vegetacije ni	15
	Alge prevladujejo v tolmunih, vaskularne rastline pa vzdolž roba struge	10
	Prisotnost nitastih alg, nekaj vaskularnih rastlin in mahov	5
	Nitaste alge prekrivajo dno, v strugi prevladujejo vaskularne rastline	1
14.	Ribe	
	Prisotnost reofilnih rib (salmonidov, glavača), prvotna populacija prisotna v tolmunih	20
	Reofilne ribe redke	15
	Reofilnih rib ni, prisotnih nekaj lentičnih rib v tolmunih	10
	Ribe odsotne ali posamične	1
15.	Detrit	
	V glavnem sestoji iz listja in lesa brez usedlin	25
	Listje in les redka, prisotne drobne organske usedline	10
	Odsotnost naplavljenega listja in lesa	5
	Drobne anoksične usedline, odsotnost grobih naplavin	1
16.	Vodni nevretenčarji (makroinvertebrati)	
	Prisotnost velikega števila vrst na vseh tipih substrata	20
	Veliko vrst, vendar le v dobro prezračenih habitatih	15
	Malo vrst v večini habitatov	5
	Malo vrst, vendar le v dobro prezračenih habitatih	1
SKUPNO ŠTEVILO TOČK:		

Priloga E:

Obrazec za terenski popis abiotskih dejavnikov

Število vzorčnih enot ni 20, treba pa je povzorčit vse vrste organskega in anorganskega substrata, ki pokrivajo vsaj 5% dna. Ko oceniš in popišeš substrat, se naredi pregled deležev substrata, ki pokrivajo vsaj 5% in se približno sorazmerno tako tudi vzorči.

Vzorčenje na vseh tipih substrata skupaj naj traja 3 minute, s tem, da premikanje po strugi med intervali vzorčenja ni všteto. (zato mora nekdo pozorno spremljat vzorčevalca s štoparico).

Vzorčiš tako, da ročno mrežo postaviš pod izbran tip substrata in z nogo močno razbrcaš substrat (začneš štopati) do približno 0,5 m stran od mreže. Počakaš da tok odnese vzorec v mrežo in se voda zbistri, potem ponovno razbrcaš substrat in počakaš, da se spet voda pred mrežo zbistri. Takrat ustaviš štoparico in se premakneš na nov tip substrata.

Pred vzorčenjem: meritve z multimetrom:

ura				
vreme				
pH				
Prevodnost (EC)				
TDS				
temperatura				
Nasičenost z O ₂ %				
Koncentracija O ₂				

Po vzorčenju: meritve hitrosti na 5 točkah, na 0,4 oddaljenosti od dna.

Priloga F:

Obrazec za terenski popis anorganskega in organskega substrata

Vodotok		Vzorčevalec		
Kraj				
Datum				
Anorganski substrat (%)	Teholital* (označi z znakom x)	Le anorganski substrat	Vsota anorganskega in organskega substrata	Število vzorčnih enot
• megalital (>40 cm)				
• makrolital (20-40 cm)				
• mezolital (6-20 cm)				
• mikrolital (2-6 cm)				
• akal (0,2-2 cm)				
• psamal (6µm-2 mm)				
• argilal (<6µm)				
Vsota =		100 %		
Organski substrat (%)		Le organski substrat		
• makroalge				
• potopljeni makrofiti				
• emergentni makrofiti				
• živi deli kopenskih rastlin				
• ksilal (les)				
• večji organski delci (CPOM)				
• manjši organski delci (FPOM)				
• »Sewage fungus«				
Vsota =		spremenljiva	100 %	20

*substrat prisoten zaradi človekove dejavnosti