

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Andrej GLIŠIČ

**OKOLJSKA OCENA IN MAKROFITI REK
PIVKE IN NANOŠČICE**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2007

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Andrej GLIŠIČ

**OKOLJSKA OCENA IN MAKROFITI REK
PIVKE IN NANOŠČICE**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**ENVIRONMENTAL ASSESSMENT AND MACROPHYTES OF
RIVERS PIVKA AND NANOŠČICA**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2007

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

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

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: doc. dr. Jernej JOGAN
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo
Član: prof. dr. Mihael J. TOMAN
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo
Član: prof. dr. Alenka GABERŠČIK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Andrej Glišič

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn
DK
KG makrofiti/vodotoki/okoljska ocena/Pivka/Nanoščica
KK
AV GLIŠIČ, Andrej
SA GABERŠČIK, Alenka
KZ SI - 1000, Večna pot 111
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo
LI 2007
IN OKOLJSKA OCENA IN MAKROFITI REK PIVKE IN NANOŠČICE
TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP
IJ sl
JI sl/en

AI V nalogi smo želeli ugotoviti kakšno je pojavljanje, razporeditev in pogostost makrofitov v rekah Pivka in Nanoščica. Zanimalo nas je tudi stanje širšega vodnega okolja ter izbrane fizikalne in kemijske lastnosti vode. V 18 odsekih Pivke (19,7 km) in 15 odsekih Nanoščice (19 km) smo popisali taksone makrofitov, določili njihovo pogostost ter rastno obliko. Vzoredno smo s pomočjo RCE metode naredili tudi širšo okoljsko oceno vodotokov. Na 4 vzorčnih mestih (VM) Pivke in 4 VM Nanoščice smo izvedli nekatere fizikalne meritve ter vzeli vzorce vode za kemijsko analizo. V obeh vodotokih smo skupno popisali samo 28 različnih taksonov. V Pivki je bilo prisotnih 21, v Nanoščici pa 24 taksonov. Glede na naravo kraških vodotokov smo skladno s pričakovanji popisali največ helofitov in amfibijskih rastlin. Prave vodne rastline niso prevladovale v nobenem vodotoku. Najboljše razmere za uspevanje so bile v neosenčenih odsekih s širšo strugo, umirjenim tokom oz. stoječo vodo ter drobnim sedimentom. Razlike v koncentracijah nitratnih in ortofosfatnih ionov so bila večje v Pivki medtem, ko so bile razlike koncentracij v Nanoščici, znatno manjše. Meritve električne prevodnosti kažejo podobno sliko. V Nanoščici je opazen trend nižanja električne prevodnosti po toku navzdol. Vrednosti pH so bile v meritvah septembra 2005 med 7,9 in 8,3, avgusta 2006 pa med 7,2 in 8,1. V Nanoščici je bil opazen trend upadanja vsebnosti in nasičenosti s kisikom po toku navzdol, v Pivki pa sta bili večji vrednosti izmerjeni na drugih dveh vzorčnih mestih. Modificirana RCE metoda ni v celoti prilagojena za kraške vodotoke. Glede na prevladujočo vrstno zastopanost lahko oba vodotoka uvrstimo v zmerno obremenjena s hranili.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
DC
CX macrophytes/stream/environmental assessment/Pivka/Nanoščica
CC
AU GLIŠIČ, Andrej
AA GABERŠČIK, Alenka (supervisor)
PP SI - 1000 Ljubljana, Večna pot 111
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Biology
PY 2007
TI ENVIRONMENTAL ASSESSMENT AND MACROPHYTES IN RIVERS
PIVKA AND NANOŠČICA
DT Graduation Thesis (University studies)
NO
LA sl
AL sl/en
AB The focus of the thesis was to determine the presence, the distribution and the abundance of macrophytes in the karstic rivers Pivka and Nanoščica. A further focus was to perform environmental assessment as well as to estimate some water quality parameters. A list of taxa of macrophytes has been done for 18 stretches of the river Pivka (19,7 km) and 15 stretches of the river Nanoščica (19 km). At the same time an environmental assessment of the streams was performed using the RCE-method. Some physical measurements were carried out and water samples were taken for further chemical analysis at 4 sampling points (SP) in the river Pivka, and 4 SP in the river Nanoščica. In these two streams, altogether 28 different taxa were found. In Pivka there were 21 taxa and in Nanoščica there were 24 taxa present. Regarding the nature of the streams in the karstic area, we expected to register mostly helophytes and amphibious plants. In none of the streams true aquatic plants were predominant. The most favourable conditions for macrophytes were found to be in stretches with little or no woody riparian vegetation, wide riverbed, gentle stream or stagnant water and fine sediment. The differences in concentration of nitrate and orthophosphate ions were larger in Pivka, while the differences in concentration in Nanoščica were considerably smaller. The records on electrical conductivity show a similar picture. In the river Nanoščica a tendency towards a decrease of electrical conductivity was recorded downstream. The recorded pH-values in September 2005 ranged from 7,9 to 8,3, while in August 2006 these ranged from 7,2 to 8,1. In Nanoščica a tendency towards a decrease in concentration and saturation rate of dissolved oxygen was noticed downstream, while in the river Pivka higher values were measured at the other two sampling points. The modified RCE-method did not prove to be completely suitable for streams in the karstic area. On the basis of species composition both streams can be categorized as moderately loaded with nutrients.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	1
2	PREGLED OBJAV	3
2.1	REČNI SISTEM.....	3
2.2	MAKROFITI.....	5
2.3	DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NA USPEVANJE MAKROFITOV	6
2.3.1	Svetloba	6
2.3.2	Kemizem vode.....	6
2.3.3	Vodni tok	7
2.3.4	Substrat	7
2.3.5	Temperatura.....	8
2.3.6	Kompeticija	8
2.3.7	Presihanje	8
2.4	PRILAGODITVE MAKROFITOV NA VODNO OKOLJE.....	9
2.4.1	Anatomske in morfološke prilagoditve	9
2.4.1.1	Listi.....	9
2.4.1.2	Steblo	10
2.4.1.3	Koreninski sistem	10
2.4.2	Fiziološke prilagoditve	10
2.5	VLOGA MAKROFITOV V VODNEM EKOSISTEMU.....	12
2.6	MAKROFITI IN ONESNAŽENJE.....	13
2.6.1	Ocena kvalitete vodnega biotopa.....	14
3	MESTO RAZISKAV	15
3.1	GEOGRAFSKA OPREDELITEV OBMOČJA OBČINE POSTOJNA	16
3.1.1	Podnebne razmere.....	16
3.1.2	Padavinske razmere	17
3.2	ZEMLJEPISNI ORIS PIVKE Z OKOLICO	17
3.3	ZEMLJEPISNI ORIS NANOŠČICE Z OKOLICO	20
4	METODE DELA	22
4.1	FIZIKALNE MERITVE IN KEMIJSKE ANALIZE VODE.....	22
4.2	MAKROFITI	22
4.2.1	Delo na terenu.....	22
4.2.2	Obdelava podatkov	23
5	REZULTATI	26
5.1	FIZIKALNE MERITVE	26
5.1.1	Kisikove meritve.....	26
5.1.2	Električna prevodnost.....	28
5.1.3	pH	29
5.2	KEMIJSKE ANALIZE	30
5.2.1	Vsebnost nitratnih ionov.....	30
5.2.2	Vsebnost ortofosfatnih ionov	31
5.3	MAKROFITI NA PREGLEDANIH VODOTOKIH	32
5.3.1	Vrstna sestava.....	32
5.3.2	Prisotnost in pogostost makrofitov	33
5.3.2.1	Pivka	33
5.3.2.2	Nanoščica	38

5.4	ŠIRŠA OKOLJSKA OCENA VODOTOKOV	42
5.4.1	Širša okoljska ocena Pivke	42
5.4.2	Širša okoljska ocena Nanoščice.....	45
6	RAZPRAVA.....	47
6.1	ZNAČILNOSTI VODOTOKOV	47
6.2	MAKROFITI.....	49
6.2.1	Vrstna sestava in pojavljanje makrofitov	49
6.2.2	Makrofiti in kakovost vode	50
6.3	ŠIRŠA OKOLJSKA OCENA	51
7	SKLEPI.....	52
8	POVZETEK	53
9	VIRI.....	54

KAZALO SLIK

Slika 1: Pivka z označenimi odseki (Vir: www.arso.gov.si).....	19
Slika 2: Nanoščica z označenimi odseki (Vir: www.arso.gov.si)	21
Slika 3: Vsebnost kisika v vodi na vzorčnih mestih reke Pivke v letu 2006.....	26
Slika 4: Nasičenost vode s kisikom na vzorčnih mestih reke Pivke v letu 2006.....	26
Slika 5: Vsebnost kisika v vodi na vzorčnih mestih reke Nanoščice v letu 2006	27
Slika 6: Nasičenost vode s kisikom na vzorčnih mestih reke Nanoščice v letu 2006	27
Slika 7: Električna prevodnost vode na vzorčnih mestih reke Pivke v letih 2005 in 2006 .	28
Slika 8: Električna prevodnost vode na vzorčnih mestih reke Nanoščice v letih 2005 in 2006	28
Slika 9: Vrednost pH vode na vzorčnih mestih reke Pivke v letih 2005 in 2006.....	29
Slika 10: Vrednost pH vode na vzorčnih mestih reke Nanoščice v letih 2005 in 2006	29
Slika 11: Koncentracija nitratnih ionov v vodi na vzorčnih mestih Pivke v letih 2005 in 2006	30
Slika 12: Koncentracija nitratnih ionov v vodi na vzorčnih mestih Nanoščice v letih 2005 in 2006	30
Slika 13: Koncentracija ortofosfatnih ionov v vodi na vzorčnih mestih Pivke v letih 2005 in 2006	31
Slika 14: Koncentracija ortofosfatnih ionov v vodi na vzorčnih mestih Nanoščice v letih 2005 in 2006	31
Slika 15: Razporeditev in pogostost posameznih taksonov makrofitov v Pivki v letu 2005	35
Slika 17: Povprečni masni indeks za posamezne taksone makrofitov v Pivki v letu 2005; črne oznake-MMT, bele oznake-MMO.....	36
Slika 18: Razmerje povprečnih masnih indeksov MMT in MMO v Pivki v letu 2005; d=0,5 pomeni, da je bil	37
takson prisoten v polovici dolžine pregledane struge, d=1 pomeni, da je bil takson prisoten v celotni dolžini	37
pregledane struge.....	37
Slika 19: Razporeditev in pogostost posameznih taksonov makrofitov v Nanoščici v letu 2005	39
Slika 20: : Relativna rastlinska masa posameznih.....	40
taksonov makrofitov v Nanoščici v letu 2005	40
Slika 21: Povprečni masni indeks za posamezne	40
taksone makrofitov v Nanoščici v letu 2005; črne	40
oznake-MMT, bele oznake-MMO.....	40
Slika 22: Razmerje povprečnih masnih indeksov MMT in MMO v Nanoščici v letu 2005; d=0,5 pomeni, da je bil takson prisoten v polovici dolžine pregledane struge, d=1 pomeni, da je bil takson prisoten v celotni dolžini	41
pregledane struge.....	41
Slika 23: Širša okoljska ocena Pivke.....	44
Slika 24: Širša okoljska ocena Nanoščice	46

KAZALO TABEL

Tabela 1: Vrednotenje rezultatov	24
Tabela 2: Seznam v pregledanih vodotokih odkritih makrofitov in njihova rastna oblika .	32

1 UVOD

Danes se človeštvo sooča z velikim pomanjkanjem zdrave pitne vode. Kako jo zagotoviti in jo ohraniti tam, kjer je vode še v obilici? Splošna ugotovitev je, da človek s svojimi aktivnostmi posega v okolje in naravne procese in rezultat je povečano pojavljanje ekstremnih vremenskih dogodkov, ki (ne)posredno vplivajo na količino in kakovost vode. Če pogled usmerimo na Slovenijo, ugotovimo, da je bogata z naravnimi danostmi in da med ta bogastva spada tudi čista pitna voda. Meritve v zadnjih letih pa žal kažejo, da stanje voda tudi pri nas predstavlja problem in tveganje. Leta 2002 je Vlada RS na podlagi državnega monitoringa in strokovnih podlag, ki jih je pripravila Agencija za okolje in prostor, razglasila območja ogroženosti podzemne vode v Sloveniji.

Voda je ena od posebnosti, ki loči Zemljo od sosednjih planetov Osončja. Imamo je v obilju in prekriva kar tri četrtine površja. Zemljo imenujemo tudi "vodni planet". 97,5 odstotkov vse vode na Zemlji je slane, 2,5 odstotka je celinske (ni slana oz. ima manj kot miligram soli na liter), 2,24 odstotka vode je vezane skupaj v ledenikih (okoli 1,5 odstotka) in podzemnih vodonosnikih (okoli 0,8 odstotka). Celinske vode – to je vode jezer, rek, mokrišč, vode v tleh in ozračju – od katere smo najbolj neposredno odvisni ljudje in si jo delimo z večino organizmov, ki so poselili kopno pa je le 0,26 odstotkov (Shiklomanov, 1996).

Celinska voda je ena od pojavnih oblik znotraj nepretrganega planetarnega kroženja vode. Na ta način se neprestano obnavlja. Večina je izvira oz. bolje rečeno izhlapeva iz morja in se vanj slej kot prej tudi vrne. Ocenjujejo, da kaplja vode na tej poti ostane v ozračju povprečno 8 do 10 dni. Tam je le tisočinka odstotka vse vode na planetu. Pri rekah se ta čas ocenjuje na 11 do 16 dni, pri ledenikih se podaljša na stoletja, pri vodi, ki zaide v globoke vodonosnike, pa lahko tudi na tisočletja.

Vpliv onesnaženosti se kaže v razporeditvi, prisotnosti in pogostosti vodnih rastlin. Pri zmernem onesnaženju ostanejo, oziroma se pojavijo tolerantne vrste, medtem ko občutljive izginejo. V močno onesnaženih vodotokih preživijo le bakterije (Haslam 1997).

Ker že manjši organski izpusti vplivajo na makrofite, so le ti dober pokazatelj kakovosti vode. Makrofiti ustvarjajo ugodne razmere za uspevanje epifitov, rib in nevretenčarjev ter so bioindikator stanja celotnega habitata (Haslam 1987).

Direktiva Parlamenta in Sveta EU (2000/60/EC) makrofite vključuje v oceno kakovosti voda. Direktiva nas zavezuje k doseganju dobrega ekološkega stanja vseh voda do leta 2015. To pomeni celovito, nemoteno okolje, kakovostno vodo in življenjsko združbo, ki je odraz ugodnih razmer. (Gaberščik, 2006).

Namen naloge je bil:

- oceniti ekološko stanje vodotokov,
- ugotoviti pojavljanje in razporeditev makrofitov na rekah Pivka in Nanoščica,
- ugotoviti kako na pojavljanje vplivajo dejavniki okolja,

Hipoteze:

- predvidevam, da so preučevani vodotoki v razmeroma dobrem ekološkem stanju,
- predvidevam, da se motnje v ekosistemu odražajo v pogostosti makrofitskih vrst,
- predvidevam veliko vrstno pestrost zaradi dokaj neokrnjenih okolij po katerih vodotoki tečejo in zaradi kraškega značaja,
- zaradi presihanja kraških vodotokov pričakujem veliko amfibijskih in močvirskih rastlin,
- predvidevam, da se bodo koncentracije nitratnih in ortofosfatnih ionov vzdolž vodotoka zmanjševale zaradi makrofitov in obrežne vegetacije.

2 PREGLED OBJAV

2.1 REČNI SISTEM

Vodni sistem obsega tisti del vodnega kroga, ko kaplja ali snežinka padeta na zemeljsko površje, vodni tok pa si nato prične utirati pot proti morju. Na tej poti voda spreminja obliko, preliva se med površjem in podzemljem, topi in spodjeda podlago, jo prenaša in odlaga ter ustvarja enkratne vodne habitate v obliki izvirov, slapov, potokov, brzic, tolmunov, lok, podzemnih in površinskih rek, jezer, mokrišč, obale in morja.

Rečna mreža se pričinja s povirjem, kjer še ni stalnega in sklenjenega odtoka površinskih voda. V povirnem svetu, ki obsega gorska slemena in pobočja, planotast svet, hribovje, gričevje ter zgornje dele dolin in kotlin, se s stekanjem vodnih tokov hranijo izviri, potoki in reke. Gre za obsežno območje, ki sega daleč nad izvire, posebej v kraškem svetu.

Površinski odtok vode iz povirja je le eden od virov vode, saj predstavljajo vnos vode na katerikoli točki v reki še padavine, talna voda ter dotok iz višje ležečega dela reke. Prav zaradi slednjega lahko vsak proces, ki poteka v višje ležečem delu, s čimer sta mišljena tako struga kot porečje, vpliva na ekološko stanje reke v njenem nižje ležečem delu (Dobson & Frid, 1998). Največji del vode prispevajo padavine, podtalnica pa vpliva na zalogo vode v posameznem porečju (Allan, 1995).

Vodni svet zaznamuje vodovje z dinamično menjavo kopna in vode oz. nenehnim spreminjanjem ene površine na račun druge in obratno. Tej dinamiki, kjer poteka intenzivna izmenjava snovi in energije, so se prilagodili vodni in obvodni ekosistemi. Med najbolj prostrana sodijo kraška polja s presihajočimi jezeri, barja, loke in logi.

Obliko (morfe) krajine, na katero s svojim delovanjem zaznavno vpliva voda, zaznamujejo hidromorfološke oblike, ki določajo podobo izvirov, rečnih strug, dolin, jezer, mokrišč, ustja rek, obalo, morje in podmorje. Pogosto jih zasledimo tudi izven stalno omočenih strug, posebej po naraslih vodah, ki spreminjajo pobočja in dolinska dna. Stalna ali občasna prisotnost vode določa posebne življenjske razmere, kar se odraža v tipični sestavi rastlinskih in živalskih združb, ki so zato dober pokazatelj obsega vodnega in obvodnega sveta.

Rečni sistemi niso stabilni, sestavlja pa jih tako glavna struga kot njeni pritoki. Proces v strugi se povezujejo s tistimi v obrežnem pasu, poplavni ravnici in zaledju, zato teh procesov ne moremo obravnavati ločeno, saj vplivajo povezano eden na drugega. Z leti se spreminja tok, bregovi, dno, voda in združbe (Haslam, 1997).

Obrežni pas predstavlja prehod med vodnim in kopenskim ekosistemom (Brinson, 1992). Ima velik vpliv na kakovost vode, ki pa se z naraščanjem razdalje od vodotoka zmanjšuje. Pas obrežne vegetacije vpliva na vsebnost hranil, sedimentov in strupov (Wetzel, 1990). Odstranijo se tudi organski polutanti, suspenzije ter patogene bakterije.

Do izmenjave snovi prihaja tudi med strugo in pod njo ležečimi aluvialnimi vodonosniki. Za kakovost vode in organizme ima velik pomen tudi vodni tok, saj prenaša hrano in odpadne snovi ter skrbi za izmenjavo plinov (Allan, 1995).

Zaradi stranskih, navpičnih in vzdolžnih tokov snovi so reke trodimenzionalni sistemi (Petts, 1994).

Fizikalne, biotske in kemijske lastnosti se v vodotoku spreminjajo od izvira do izliva. Rečni sistem lahko razdelimo na tri dele. V zgornjem delu je značilna erodirajoča struga s turbulentnim tokom, večjimi kamni in nasploh grobim substratom. Voda je hladna, s hranili revna ter bogata s kisikom (prezračenost zaradi turbulence). Glavni vir so padavinske vode, katere količina je odvisna od poraščenosti zaledja. Največ vode zadržujejo gozdovi (Dobson & Frid, 1998). Veliko potokov izvira na gozdnem področju, kjer je zaradi zasenčenosti z rastlinami intenziteta svetlobe manjša, posledično pa tudi primarna produkcija. Z listnim opadom se zagotavlja tudi vnos alohtonih snovi (Petts, 1994). Na srednjem delu se zaradi manjšega naklona struge tok reke umiri, manjša je tudi prezračenost. Zaradi padavin in pritokov lahko reka pridobi na moči. V srednjem delu je erozija uravnotežena z odlaganjem sedimenta. Kot substrat prevladujeta pesek in prod. Zaradi vpliva človeka je obrežne vegetacije manj, zato do vode prodre več svetlobe, kar ji dviguje temperaturo. Več je primarne produkcije. V obrežnem pasu uspevajo višje vodne rastline, ki imajo precejšen vpliv na dogajanje v reki. Zadržujejo sedimente, ki jih visoka voda ob deževju nosi s seboj in preprečuje njihovo odnašanje nizvodno. Ker v vodo prispevajo kisik, so s te plati pomemben element pri samočistilnem procesu reke, pri katerem se zmanjšuje količina organskih snovi in ohranja ravnovesje v sistemu. V spodnjem delu se tok umiri. Pride do izrazitega odlaganja sedimenta. Prevladuje fini mulj, povečana je tudi koncentracija raztopljenih in suspendiranih snovi, kar vpliva na poslabšanje svetlobnih razmer (Dobson & Frid, 1998). Zaradi slabe prezračenosti, težav pri ukoreninjanju v muljasto podlago, je uspevanje rastlin omejeno, kar zmanjša samočistilno sposobnost reke.

Tekoča voda ima številne prednosti pred stoječo. Zaradi turbulence prihaja do stalnega mešanja, kar zagotavlja izmenjavo plinov, hranil in odstranjevanje odpadnih snovi. Tekoča voda je ključna pri razširjanju organizmov.

Vodni tok, substrat in temperatura so trije glavni dejavniki, ki vplivajo na življenje v tekočih vodah. Kisik je v neonesnaženih vodotokih manj pomemben, vendar ob določenih stanjih zgornjih treh dejavnikov (npr. visoka temperatura in počasen tok), lahko odločilnega pomena za biološko aktivnost (Allan, 1995).

Tekoče vode predstavljajo zaradi erozije, abrazije, zamuljanja, sprememb koncentracije kisika in pH ter onesnaženja nepredvidljivo okolje. Po vsaki motnji ima reka težnjo k vrnitvi v ravnovesno stanje, vendar je hitrost tega procesa v odvisnosti od pogostosti in obsega motenj (Petts, 1994).

Za kraški svet je značilno podzemno pretakanje vode in izjemno majhna samočistilna sposobnost. Odtekanje vode je zaradi podzemnega pretakanja bolj umirjeno, dušeno, s tem

pa tudi naraščanje in upadanje vode v kraških rekah in izvirih. Kraške reke tudi niso prodonosne, z drobnimi sedimenti le nekoliko zablajajo poplavne ravnice, ki jih ob deževjih redno prelivajo. Tem razmeram se je prilagodilo tudi življenje rastlin in živali v kraškem podzemlju, izvirih, presihajočih delih kot tudi na poplavnih poljih.

2.2 MAKROFITI

Izraz makrofiti se nanaša na makroskopsko floro celinskih voda, ki vključuje semenke, praprotnice in mahove. Pogosto mednje uvrščamo tudi makroskopske alge, predvsem nitaste alge in parožnice (Fox, 1992). Makrofiti so pomemben sestavni del rečnih ekosistemov in so občutljiv indikator kakovosti vode in rečnega okolja.

Višje vodne rastline so se na življenje v delno ali popolnoma vodnem okolju (Gaberščik, 1997) prilagodile z razvojem sekundarnih prilagoditev ali redukcijo kopenskih značilnosti (Fox, 1992), saj so kopenskega izvora in so se v vodo preselile. Po Cooku (Fox, 1992) so vodne rastline tiste, katerih fotosintezno aktivni deli so vedno ali le nekaj mesecev v letu potopljeni oz. plavajo na vodni površini.

Dejavnika, ki najbolj omejujeta uspevanje rastlin v vodnem okolju sta dostopnost svetlobe in počasnejša difuzija plinov. V nasprotju s kopenskimi rastlinami voda zanje ni omejujoč dejavnik.

Različni vzorci razporeditve različnih makrofitov se vzdolž struge pojavljajo glede na kemizem vode, posebno ozirajoč se na nutrie (Haslam, 1989). Ukoreninjeni makrofiti lahko privzemajo nutrie iz vode in substrata (Madsen & Breinholt, 1995).

Najbolj pogost kriterij za razvrščanje makrofitov je njihova rastna oblika. Po Schulthorpu (Fox, 1992) jih glede na rastno obliko delimo v štiri skupine:

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

Nekaterih rastlinskih vrst ne moremo uvrstiti v eno samo skupino, saj uspevajo v vodi in na kopnem. To so amfibijske rastline (Hutchinson, 1975), za katere sta značilni vodna in kopenska oblika. Zaradi morfoloških, anatomskih in biokemijskih prilagoditev, je omogočen nemoten potek fizioloških procesov (Germ & Gaberščik, 2003). Fotosinteza poteka v vodnem okolju in na zraku. Glede na obliko listov so razdeljene v dve skupini. Heterofilne vrste imajo dva tipa listov od katerih je en tip prilagojen na uspevanje v vodi, drugi pa na zraku. Vodne oziroma kopenske rastne oblike omogoča velika fenotipska

plastičnost rastline. Ta je ekološko zelo pomembna, ker rastlinam omogoča preživetje sušnih in mokrih obdobj v okoljih, kjer vodostaj močno niha. Homofilne vrste imajo en tip listov, ki omogočajo fotosintezo v vodi in zraku (Sand-Jensen & Jacobsen, 2002). Na morfologijo lista lahko vplivajo fotoperioda, temperatura, svetlobne razmere, koncentracija CO_2 in O_2 , vlažnostne razmere in mehanski pritisk (Robe & Griffiths, 1998).

2.3 DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NA USPEVANJE MAKROFITOV

2.3.1 Svetloba

Svetloba je tako v jezerih kot tudi v rekah primarni dejavnik, ki omejuje rast makrofitov (Madsen, 1989). Svetlobne razmere v vodi določajo razporeditev v globino, pogostost in primarno produkcijo avtotrofnih organizmov v vodnem okolju. Odvisne so predvsem od globine vode in absorptivnih lastnosti vode, ki se spreminjajo z vsebnostjo raztopljenih in suspendiranih delcev v vodi. Na sevalne razmere pa vplivajo tudi naklon obrežja, obrežna vegetacija, globina vode in številni drugi dejavniki (Haslam, 1987).

Jakost sevanja v vodi je manjša kot v zraku in postopoma upada z globino vode. S prodiranjem v globino pa ne upada samo jakost svetlobe, ampak pride tudi do spektralnih sprememb (različne valovne dolžine različno hitro pojenjajo). Del svetlobe absorbirajo tudi listne površine plavajočih rastlin. Zato prihaja do listov v globlji vodi ali znotraj sestoja rastlin oslABLJENO sevanje, ki včasih ne zadošča za doseganje svetlobne saturacijske točke fotosinteze (Germ, 1997). Senca zaradi obrežja in obrežne vegetacije zmanjša jakost sevanja za 30 do 95 % polne jakosti. Dobro razvit obrežni pas dreves poleti lahko povzroči 95 % zmanjšanje jakosti svetlobe v vodi, kar omogoča rast mahovom in algam, ne pa tudi makrofitom.

2.3.2 Kemizem vode

Na kemizem vode najbolj vpliva geološka podlaga, tip obrežja in človekovo delovanje. Kemijske lastnosti vode so pomemben dejavnik, ki uravnava pojavljanje in pogostost rastlinskih vrst v vodnem okolju. Za rast posamezne rastlinske vrste so pomembni pH, trdota vode, količina raztopljenih snovi, predvsem hranil in plinov, ter količina suspendiranih snovi (Trošt-Sedej, 2005). Z vidika kemizma vode ima največji vpliv pri razporeditvi makrofitov odnos med pH, električno prevodnostjo, koncentracijo kalcija, prevladujočo obliko raztopljenega anorganskega ogljika in trdoto vode (Fox, 1992). Zaradi povezanosti dejavnikov in njihovega povečevanja z naraščanjem hranil in pH, težko izpostavimo tistega, ki najbolj vpliva na uspevanje rastlinskih vrst (Westlake, 1975). Pomemben dejavnik, ki vpliva na uspevanje vodnih rastlin je vir ogljika, ki so ga rastline sposobne asimilirati. V vodi je prisoten kot prosti CO_2 , kot bikarbonat (HCO_3^-) in kot karbonat (CO_3^{2-}). Ravnotežje med posameznimi oblikami je odvisno od pH vode. Pri nizkem pH prevladuje prosti CO_2 , pri nevtralnem bazičnem pH prevladuje bikarbonatna oblika in pri bazičnem pH karbonatni ion. Nekatere vrste (npr. mahovi) lahko uporabljajo

kot vir ogljika samo prosti ogljikov dioksid, zato so omejene na hitro tekoče vode z nizko koncentracijo kalcija in nizkim pH, kjer je v vodi dovolj prostega CO₂. Vrste kot sta *Potamogeton lucens* in *Myriophyllum spicatum*, ki izrabljajo prosti CO₂ in tudi HCO₃⁻, pa pogosto najdemo v bazičnih vodah (Trošt-Sedej, 2005). V trdih vodah se razvijejo pestrejšje združbe makrofitov, ki so sposobne izkoriščanja bikarbonata in tudi prostega CO₂ (Urbanc–Berčič, 1993).

Večina vodnih rastlin ima tanko kutikulo in je sposobna absorbirati hranila (najpomembnejši za rast in razvoj so dušikovi in fosforjevi ioni) skozi celo površino in ne samo preko korenin iz substrata. Nekatere raziskave nakazujejo, da je način sprejemanja hranil odvisen od razmer v okolju. Vrsta *Myriophyllum spicatum* črpa fosfor iz najustrežnejšega vira, ki je na voljo (Nichols & Shaw, 1986).

2.3.3 Vodni tok

Vodni tok je dejavnik, ki vpliva na vrstno sestavo in razporeditev makrofitov v vodah. Njegova hitrost, turbulence in erozija vplivajo na fotosintezo, dostopnost hranil in plinov (CO₂) ter povzročajo mehanske poškodbe (Fox, 1992). Učinkuje tudi posredno, na talni substrat in ostale organizme. Za nizke do srednje hitrosti vodnega toka je značilen pozitiven vpliv na pogostost in raznovrstnost makrofitov medtem, ko hiter vodni tok poveča resuspenzijo sedimenta, kar je razlog za zmanjšanje jakosti svetlobe (Madsen & sod., 2001). Ukoreninjene semenke, ki uspevajo v tekočih vodah, imajo gibko elastično steblo in plazečo rastno obliko z mnogimi adventivnimi koreninami, ki jim omogočajo obdržati v vodi ustrezno lego (Hynes, 1970). Vodni tok vzpodbuja rast makrofitov z večjo dostopnostjo CO₂ (stanjšan difuzijski sloj, ki obdaja liste makrofitov, povečana prezračenost zaradi turbulence) in izmenjavo raztopljenih snovi v vodi (Barendregt & Bio, 2003). Razloga, da makrofiti v vodotokih ne rastejo hitreje od tistih v stoječih vodah, sta verjetno stanjšan difuzijski sloj, preko katerega pride do večjih izgub metabolitov in nenehne mehanske poškodbe asimilacijskih površin (Fox, 1992).

Rastline iste vrste, ki uspevajo v tekočih in stoječih vodah, se morfološko precej razlikujejo. Rastline v tekočih vodah imajo manjše liste, krajše listne peclje, krajše internodije, prevajalna in oporna tkiva so nameščena proti sredini stebela. Redko razvijejo plavajoče liste, če cvetijo, razvijejo manj številne in manjše cvetove kot rastline v stoječi vodi (Trošt-Sedej, 2005)

Vodne rastline lahko s svojo prisotnostjo zmanjšajo hitrost vodnega toka na določenem območju in tako modificirajo habitat, saj povečajo stopnjo sedimentacije znotraj makrofitskih sestojev in zmanjšajo možnost resuspenzije (Sand-Jensen, 1998).

2.3.4 Substrat

Vrsta talnega substrata je odvisna od vodnega toka in tudi vpliva na razporeditev rastlin v vodah. Delci peska se izpirajo že pri manjši hitrosti vodnega toka, večji delci pa za premik potrebujejo večje hitrosti. Organski delci se izperejo hitro, saj imajo majhno specifično težo. Zato ima grob substrat, ki je značilen za odseke vodotokov z večjo hitrostjo vodnega toka, običajno manj organskih snovi in je reven s hranili. V grobem substratu se rastline

težje ukoreninijo, za ukoreninjenje pa so neprimerne tudi rahle fine usedline (Trošt-Sedej, 2005). Za ukoreninjenje je pomembna razvitost koreninskega sistema. Vrsta *Myriophyllum aquaticum* bolje uspeva, če so rastline ukoreninjene v debelejši plasti sedimenta, rastline pa so še uspešnejše, če se razvijejo adventivne korenine (Haslam, 1987).

Prevelika vsebnost organskih snovi v substratu zavira rast makrofitov, s tem, da so amfibijske rastline manj občutljive od submerznih.

2.3.5 Temperatura

Energija sevanje se pri prehodu skozi vodni stolpec delno absorbira in pretvarja v toploto, s tem segreva vodo. Temperaturne spremembe v vodi so praviloma manjše in počasnejše kot na kopnem (Trošt-Sedej, 2005). Temperatura vpliva na mnoge fiziološke procese kot so dormanca, tvorba turionov, kalitev semen, razvoj rastlin, stopnja fotosinteze ter privzem kisika (Pip, 1989). Znani so njeni vplivi na rast, razvoj in življenske cikle vodnih organizmov ter na fotomorfogenezo in fotoperiodizem. V raziskavi (Pip, 1989) je bilo dokazano, da je temperatura relativno nepomembna za razporeditev vrst na raziskovalnem območju. Bolj pomembni so bili drugi dejavniki kot so globina vode, svetlobne razmere, tip substrata, svetloba, turbulenca in kemizem vode. V jezerih, za katera je značilno globoko prodiranje svetlobe, pa je globina uspevanja makrofitov pogosto omejena prav s temperaturo (Dale, 1986).

2.3.6 Kompeticija

Tekmovanje ali kompeticija je odnos med organizmi, v katerem le ti tekmujejo pri izkoriščanju potrebnih dobrin za življenje. Rastline tekmujejo za svetlobo, vodo, hranila in prostor. Ker je v vodi ponavadi dovolj hranil, vodne rastline tekmujejo predvsem za svetlobo. Nekatere vodne rastline s svojo košato rastno obliko in hitro rastjo zasenčijo druge rastline, kar pomeni v kompeticiji veliko prednost. V počasi tekočih in stoječih vodah plavajoče rastline, rastline s plavajočimi listi in hitro rastoče alge s senčenjem zavirajo rast potopljenih rastlin. Tudi izločanje alelopatskih snovi, ki zavirajo rast, omogoča prevlado ene vrste nad drugo (Trošt-Sedej, 2005).

Pomembne lastnosti, ki omogočajo uspešnost rečnih rastlin so: sposobnost razrasti, uporaba bikarbonata kot vira ogljika, asimilacija CO₂ iz zraka, zgodnja rast v sezoni in čez dan, ki jo omogoča nizka svetlobna kompenzacijska točka ter nizko razmerje razporeditve biomase steblo/korenine (Murphy & sod., 1990). Prednost nekaterih rastlin je tudi visoka strpnost do prekomerne obremenjenosti vode s hranili. V takih vodnih habitatih ostaneta samo ena ali dve vrsti, na primer *Potamogeton pectinatus* L. (Trošt-Sedej, 2005).

2.3.7 Presihanje

Spreminjanje vodostaja ter izmenjavanje mokrih in suhih obdobij uravnavajo procese v ekosistemu in postavljajo meje uspevanja organizmom, vključno z rastlinami (Gaberščik & sod, 2003). Ko voda odteče, pravi vodni makrofiti zelo hitro propadejo. Razbohotijo se

rastlinske vrste, ki so v času poplavljenja vezane na plitvejšo vodo in imajo veliko fenotipsko plastičnost. V vodi razvijejo vodne liste oziroma vodne rastne oblike, ob suši pa lahko tvorijo zračne liste oziroma kopenske rastne oblike. Te prilagoditve jim omogočajo nemoteno aktivnost v vodi in na kopnem (Germ & Gaberščik, 2002).

Med tako imenovane rastline z amfibijskim značajem spadajo na primer močvirska spominčica (*Myosotis scorpioides*), vodna meta (*Mentha aquatica*), prava potočarka (*Rorippa amphibia*). Na območjih, kjer je voda plitvejša in poleti običajno presahne, prevladujejo močvirske rastline kot so navadni trst (*Phragmites australis*) ali različni šaši (*Carex elata*, *Carex acuta*, *Carex riparia*).

Uspešnost rastlin v ekosistemu je odvisna od obsega in ritma spreminjanja vodostaja v rastni sezoni. Največja primarna produkcija je povezana s povprečnim vzorcem pojavljanja sprememb, ki se pokrivajo z življenjskimi cikli prevladujočih vrst. Za navadni trst (*Phragmites australis*) so na primer najbolj ugodne zmerne poplave in suho obdobje v poletnem času. Vsako odstopanje v ritmu ali obsegu presihanja moti procese fotosinteze in transpiracije in lahko znatno zmanjša primarno produkcijo ter vnos energije v ekosistem (Gaberščik & sod., 2000).

Vodni režim ima tudi zaščitno vlogo. Močno nihanje vodne gladine ohranjanja avtohtono vrstno sestavo rastlin, visoka voda pa preprečuje naseljevanje tujerodnih invazivnih vrst.

2.4 PRILAGODITVE MAKROFITOV NA VODNO OKOLJE

2.4.1 Anatomske in morfološke prilagoditve

Pri višjih vodnih rastlinah se razvije niz specifičnih anatomskih in morfoloških prilagoditev, hidromorfoz, ki so nastale zaradi delovanja vodnega okolja. To po eni strani nudi prednosti predvsem v pogledu absorpcije, vodnega režima in ustaljenih razmer, po drugi strani pa nastopa niz neugodnih dejavnikov kot so pomanjkanje svetlobe, plinov in včasih tudi mineralnih snovi (Trošt – Sedej, 2004).

2.4.1.1 Listi

Največje spremembe so vidne pri potopljenih listih, kjer prihaja do povečanega razmerja med njihovo površino in prostornino, kar izboljša učinkovitost sprejemanja plinov, absorpcijo svetlobe, hranil in vode. Listi so gibki, najpogosteje ozki, fino razcepljeni, nitaste ali suličaste oblike, kar zmanjša mehanske poškodbe, ki nastanejo zaradi gibanja vode. Povrhnjica je enoplastna (včasih tudi manjka), brez kutikule in lahko prepustna za vodo, listnih rež ni. Žlezne diferenciacije listne povrhnjice, hidropote, služijo absorpciji ionov iz vode, voda pa se lahko izloča preko hidatod, če so te prisotne (Wetzel, 2001). Večina vodnih rastlin je sposobna absorbirati hranila skozi celotno površino rastline iz vode in ne le preko korenin iz tal. Notranjost listov ni diferencirana na palisadno in gobasto

tkivo, mehansko in prevajalno tkivo je slabo razvito. Mezofil iz enotnega parenhimatskega tkiva, ki je poleg tega tudi manj plastno, olajša izmenjavo snovi in prodiranje svetlobe (Martinčič, 1994; Wetzel, 2001).

Pri plavajočih listih je morfologija enostavnejša, manj je hidromorfoz, po obliki pa so največkrat okrogli, podolgovati, ščitasti ali ledvičasti. Zgornjo povrhnjico plavajočih listov gradijo celice z debelo celično steno, ki je večinoma enoplastna ter pokrita z debelo kutikulo in epikutikularnimi voski. Površina listov je pogosto gladka in bleščeča (Wetzel, 2001). Kutikula in voski omogočajo odtekanje vode z listne površine in povečajo odboj sevanja z listne ploskve. Listne reže se nahajajo na zgornji strani lista, na spodnji strani so razvite hidropote ter včasih tudi nefunkcionalne reže. Mezofil je diferenciran na palisadno in gobasto tkivo, prevajalno in mehansko tkivo pa kažeta delno redukcijo. V listni ploskvi in peclju je razvit aerenhim, ki omogoča plavanje na vodi (Martinčič, 1994).

Pri večini vodnih rastlin je prišlo do nastanka zračnih prostorov (aerenhima). Aerenhim poteka iz listov skozi peclje in steblo do rizomov in korenin, kar omogoča prehajanje plinov od listov do korenin in obratno. Kisik potuje od listov, kjer nastaja v procesu fotosinteze, do korenin, kjer kisika pogosto primanjkuje, in jim omogoča dihanje. Ogljikov dioksid in metan, ki nastajata v tleh, prehajata v zgornje dele rastline. Ogljikov dioksid lahko bistveno prispeva k večji jakosti fotosinteze. Tudi ogljikov dioksid, ki nastaja pri dihanju, se sprošča v aerenhim in se lahko porablja za fotosintezo. Aerenhim tudi zmanjšuje potrebo po opornem tkivu, ker zmanjšuje specifično težo rastlinskih delov, predvsem listov in povečuje vzgon rastline (Trošt-Sedej, 2005).

2.4.1.2 Steblo

Epidermida stebela je tanka, enoplastna in prekrita s tanko kutikulo. Reže so prisotne le izjemoma, pogoste so hidropote. Subepidermalna krovna tkiva niso razvita. Mehanski elementi so maloštevilni in centralno nameščeni, kar daje podvodnim stebлом gibkost in elastičnost. Osrednja namestitvev prevajalnih tkiv je posebej značilna za rastline hitrotekočih voda, kjer je elastičnost stebela nujna za uspevanje. Pri nekaterih rastlinah prave žile niso razvite, temveč so prisotni le kompleksi prevajalnih tkiv. Velik del volumna zavzema aerenhim (Martinčič, 1994).

2.4.1.3 Koreninski sistem

Pri neukoreninjenih vodnih rastlinah korenine popolnoma izgubijo svojo vlogo pritrjevanja in imajo le še vlogo črpanja vode in hranil. Pri ukoreninjenih vrstah zraven črpanja hranil skrbijo tudi za pritrnitev rastline. Za nekatere druge vrste je značilno, da lahko preko korenin absorbirajo precejšnje količine različnih ionov in si tako vsa hranila pridobijo iz sedimenta (Trošt – Sedej, 2004).

2.4.2 Fiziološke prilagoditve

Fiziološke in biokemijske prilagoditve omogočajo potopljenim makrofitom premagovanje omejitev povezanih s fotosintezo pod vodo (Bowes & Salvucci, 1989). V vodnem okolju je

omejen dostop do raztopljenega anorganskega ogljika, vzrok za to je počasnejša stopnja difuzije plinov (Nichols & Shaw, 1986; Fox, 1992). V vodi je zelo majhna dostopnost CO₂ in tudi O₂ (Maberly & Spence, 1989). Topnost plinov v vodi se z višanjem temperature manjša. Kisik je bolj topen od CO₂, z višanjem temperature pa razmerje med plinoma še narašča, zato se večja fotorespiracija. Tudi visok pH omejuje fotosintezo zaradi zmanjšanja koncentracije prostega CO₂ (Bowes & Salvucci, 1989). Ogljik je pri nevtralnem pH večinoma v obliki bikarbonatnega iona.

Vodne rastline so zato razvile koncentracijske mehanizme in mehanizme, ki jim omogočajo izkoriščanje različnih virov ogljika, kar jim daje tekmovalno prednost (Nichols & Shaw, 1986):

- nekatere aktivno privzemajo bikarbonatni ion,
- pri nekaterih je možna delna izraba CO₂, ki nastaja pri dihanju in fotorespiraciji, aerenhim pri njih služi kot skladišče CO₂,
- spet druge fiksirajo CO₂ s pomočjo fosfoenolpiruvat karboksilaze v sistemu podobnem C₄ rastlinam, vendar brez Kranzove anatomije,
- določene rozetaste vodne rastline izrabijo CO₂ iz sedimentov, ki po aerenhimu prehaja v liste,
- nekatere imajo sistem podoben CAM rastlinam in fiksirajo CO₂ ponoči, ko ga je več in je koncentracija kisika manjša (Bowes & Salvucci, 1989).

2.5 VLOGA MAKROFITOV V VODNEM EKOSISTEMU

Vodne rastline v ekosistemu omogočajo raznovrstnost habitatov ter vplivajo na fizične, fizikalne in kemijske značilnosti vodotoka. Neposredno izboljšujejo kvaliteto vode s privzemom hranil in posredno s povečanjem raznolikosti ekosistema, izmenjavo plinov in s pospeševanjem različnih biokemijskih in kemijskih reakcij (Kuhar & sod., 2004).

Potopljeni makrofiti pogosto tvorijo mozaične sestoje, ki spreminjajo smer in hitrost vodnega toka, kar povzroča nastanek močvirij. V sestoji rastlin je hitrost vodnega toka močno zmanjšana (Hynes, 1971), zato se mnoge strupene snovi, hranila in celo bakterije tu odlagajo in razgradijo. Ukoreninjeni vodni makrofiti vplivajo na pretok energije, kroženje snovi in sedimentacijske procese (Clarke, 2002). Makrofiti predstavljajo filter, ki zadržuje snovi, pri prehodu iz kopnega v vodni ekosistem (Wetzel, 1990).

Makrofiti imajo pomembno vlogo v odnosu do drugih živih bitij, saj jim zagotavljajo raznovrstnost habitatov. Nudijo jim zaščito in življenski prostor, zato posredno kažejo na stanje drugih skupin organizmov. Makrofiti so indikator celotnega ekosistema in njegove biocenoze, čeprav je nujno poznavanje vseh skupin organizmov, saj so odgovori na onesnaženje ponavadi specifični (Gaberščik, 1997).

2.6 MAKROFITI IN ONESNAŽENJE

Vodni onesnažilci so (Abel, 1996):

- organske snovi,
- hranila,
- toplotno onesnaženje,
- toksične snovi (težke kovine, amonij, cianidi, fenoli, pesticidi),
- suspendirani delci,
- ekstremne vrednosti pH,
- detergenti,
- olja in naftni derivati.

V vodotokih se največ onesnaženja pojavi zaradi neposrednih izpustov kanalizacije. Pri organskem onesnaženju se v vodi zniža koncentracija kisika (visoka biološka poraba O₂), poveča se količina suspendiranih organskih snovi in strupov kot so amonij, sulfidi ali celo cianidi (Hynes, 1971). Posledično se zmanjša število nevretenčarjev, ribjih vrst in makrofitov. Organsko onesnaženje pomeni povečano količino proteinov, ogljikovih hidratov, maščob in nukleinskih kislin (Toman, 1995). Pri onesnaženju pogosto prihaja do motnosti vode in usedanja delcev na liste makrofitov (Fox, 1992). Zaradi tega pride do lista manj svetlobe, kar zmanjša fotosintetsko učinkovitost in rast rastlin. Če motnost vode ni povečana, je verjetno, da organsko onesnaženje z višjo vsebnostjo hranil ugodno vpliva na rast makrofitov. Vnos hranil je glede porasta produktivnost makrofitov bolj opazen v oligotrofnih kot v eutrofnih rekah, saj v slednjih nutrienti komaj zadoščajo za optimalno rast makrofitov. Če poznamo stanje v reki pred onesnaženjem, potem lahko odsotnost določene vrste ali še bolj zanesljivo – prisotnost nove vrste, kaže na onesnaženje ali drugo dejavnost v rečnem ekosistemu (Fox, 1992).

Združbe vodnih rastlin se na onesnaženje odzivajo podobno kot ostali vodni organizmi (ribe, nevretenčarji) in so občutljivi predvsem na organsko onesnaženje. Ob večjem onesnaženju preživijo na onesnaženje tolerantne vrste nevretenčarjev, ribe pa ponavadi izginejo. Zmanjša se raznolikost vodnih rastlin na račun za onesnaženje občutljivih vrst in poveča biomasa in število tistih, ki na onesnaženje niso občutljivi. Na podlagi različnih vzorcev razporeditve vodnih makrofitov lahko določimo indikatorsko vrednost posamezne vrste glede na stopnjo organskega onesnaženja (Gaberščik, 1997). Nizek nivo onesnaženja povzroči komaj opazne spremembe v vrstni sestavi rastlin (Fox, 1992).

Za oceno kakovosti vode v rekah navadno služijo vrste bentoških nevretenčarjev. Vodni makrofiti so v tovrstne raziskave redkeje vključeni, čeprav imajo kar nekaj prednosti kot so pritrjenost, manjše št. vrst ter omogočanje ocene stanja vode in sedimenta (Haslam, 1987).

Vse vrste onesnaženja ne uničijo vodne vegetacije. Agami s sodelavci (1974) je v svojih raziskavah ugotovil, da povzročajo detergenti makrofitom resne poškodbe medtem, ko povečana koncentracija hranil nima negativnih vplivov. Dramatične posledice imajo tudi anaerobne ter strupene odplake.

2.6.1 Ocena kvalitete vodnega biotopa

Kvaliteto vode lahko ocenjujemo na osnovi fizikalnih, kemijskih ali bioloških dejavnikov. Ker analiza fizikalnih in kemijskih dejavnikov podaja le trenutno stanje razmer v vodotoku, se vse bolj uveljavlja biološka ocena kvalitete vode, ki daje bolj kompleksno sliko vplivov onesnaževalcev na ekosistem. Najboljšo sliko stanja vodotoka da analiza vseh treh dejavnikov. Življenjska združba se v vodotoku razvije kot posledica daljšega delovanja abiotskih in biotskih dejavnikov in ne kaže samo trenutnih razmer, ki so vladale v vodi v času zajemanja vzorcev. Za ocenitev kvalitete vode s pomočjo organizmov, moramo nujno poznati vrstno sestavo organizmov, gostoto populacije, sezonske spremembe v rečni združbi in diverziteti združbe v neonesnaženem vodotoku (Toman, 1995).

Združbe vodnih rastlin reagirajo na onesnaževanje podobno kot ostali organizmi. Zaradi onesnaževanja se pojavi v rastlinski združbi vsaj ena od naslednjih sprememb:

- zmanjšanje diverzitet,
- zmanjšanje zastopanosti za onesnaženje občutljivih vrst,
- sprememba razmerja občutljive/tolerantne vrste v korist tolerantnih vrst,
- povečanje števila vrst odpornih na onesnaževanje.

Klub vsem prednostim pa imajo makrofiti tudi nekaj slabosti. Nanje namreč, poleg kakovosti vode, vpliva mnogo zunanjih dejavnikov. Eden izmed njih je svetloba. Če je senčenje obrežnih rastlin premočno, v strugi ne bo makrofitov, četudi bo zadoščeno vsem ostalim pogojem za uspevanje. Pokazatelji kakovosti vode so lahko le, če imajo dobre tovrstne pogoje za uspevanje, zato ne morejo biti primerljivi z nevretenčarji. V povezavi z nekaterimi kemijskimi in fizikalnimi meritvami ter širšo okoljsko oceno so uporabni za hitre ocene stanja vodotokov. Ocena onesnaženosti vodotokov s pomočjo makrofitov, je omejena le na vegetacijsko sezono in na habitate s predvidljivim in bujnim rastlinjem (Haslam, 1982).

Kvaliteta vode lahko vpliva tudi na morfologijo rastlin. Gerber & Less (1994) sta ugotovila, da je variabilnost oblike lista pri isti potopljeni vrsti tudi posledica prilagajanja na privzem nutrientov.

Zaradi naraščajočega onesnaževanja se spremeni zastopanost vrst in se oblikujejo različne cone (Haslam, 1991). Primer spremembe makrofitske vegetacije v vodotoku od čistega a) pa do onesnaženega dela e):

- Ranunculus* sp., *Callitriche* sp., *Myosotis scorpioides*, *Phalaris arundinacea*, *Potamogeton crispus*, *Nasturtium aquaticum*, *Sparganium emersum*, *Sparganium erectum*, *Veronica beccabunga*;
- Callitriche* sp., *Myosotis scorpioides*, *Phalaris arundinacea*, *Potamogeton crispus*, *Sparganium emersum*, *Sparganium erectum*, nitaste alge;
- Potamogeton crispus*, *Sparganium emersum*, *Sparganium erectum*, nitaste alge;
- Potamogeton pectinatus*, nitaste alge;
- brez makrofitov.

3 MESTO RAZISKAV

Kraško porečje Ljubljanice spada v dinarski svet. V geomorfološkem oziru so značilne visoke kraške planote v razvodnem predelu, sredi njih pa je vložen svet notranjih podolij in kraških polj, ki se stopnjevito spušča proti Ljubljanskemu barju. Glavna smer odtoka je proti severozahodu, proti Ljubljanskemu barju. Prelomnice in dolomitni pasovi pa potekajo v dinarski smeri in tvorijo pragove, prek katerih se površinsko prelivajo vodni tokovi. To je vzrok, da je tod toliko ponikalnic in kraških polj z dolgimi vodnimi jamami (Habe, 1979).

V reliefnih oblikah in ostankih rečnih naplavin so ohranjeni sledovi nekdanje površinske Ljubljanice. Ta se je s postopnim zakrasevanjem prestavila v podzemlje in le na poljih ohranila svoj tok (Habe, 1979).

Ob visokih vodah prihaja do poplavljanja zaradi premajhnih prepustnosti ponornih območij na kraških poljih, ob daljšem sušnem obdobju pa površinske vode skoraj v celoti presahnejo. Novejša opazovanja kažejo, da nastajajo poplave že v podzemlju in ko presežejo višino polja, se razlijejo po dnu. Podobna opazovanja so tudi pokazala, da ima skoraj vsako slovensko kraško polje svoj mehanizem poplavljanja. Ker so kraška polja bolj ali manj poplavišča, je takim razmeram prilagojena tudi izraba tal. V glavnem gre za travnike oziroma pašnike, obdelana zemlja in naselja pa so na robovih poplavnih ravníc (Šušteršič, 1994).

Neenotnost vodostaja, podzemska hidrografska mreža, poplavna območja, presihajoča jezera in struge, vse to so osnovne značilnosti tega izjemno pestrega kraškega prostora, hkrati pa so te značilnosti tudi vzrok izjemne ekološke občutljivosti.

3.1 GEOGRAFSKA OPREDELITEV OBMOČJA OBČINE POSTOJNA

Postojnska občina zajema območje Spodnje Pivke in okolico Planine pri Rakeku na severovzhodni strani Postojnskih vrat. V geografskem, geološkem, vegetacijskem in družbenem pogledu je to sila pestro in zanimivo področje.

Pivka je kotlina z dnom iz nepropustnih flišnih kamnin, obdana s propustnimi karbonatnimi kamninami (apnenec in dolomit). Dno Spodnje Pivke je tako rekoč v celoti iz flišnih kamnin, to je laporjev, peščenjakov in konglomeratov, odloženih v eocenu. Flišne kamnine so vodozdržne in na njih je razvit normalni relief, obli griči in vmesne plitve, ploske doline. Dna dolin prekrivajo rečni nanosi, predvsem pesek in ilovica. Kotlino obdaja apnenčasto hribovje: na severu Nanos in Hrušica, na vzhodu Javorniki in na zahodu Slavinski Ravnik. (www.geocities.com/pivkatour/geologija.html)

Pivška kotlina ne pripada enemu samemu porečju, niti ne enemu samemu povodju. Reka Pivka kot izvirni krak reke Ljubljanice spada v črnomoško povodje. Porečju Vipave (jadransko povodje) pripada Lokva, ki ponikne v Jamo pri Predjami, ter Šmihelske in Stranske ponikve. V porečje Reke (jadransko povodje) pa podzemeljsko odteka Rakulščica z manjšimi pritoki (Kranjc, 1985). Glavna vodotoka postojnske občine sta Nanoščica in Pivka. Prva zbira vode iz flišnih laporjev izpod Nanosa in teče v številnih ključih v globoki ilovnati strugi dokler se pred Postojno ne izlije v Pivko. Reka Pivka izvira v bližini vasi Zagorje na Zgornji Pivki in teče po krednih apnencih dokler v bližini Prestranka ne preide na flišna tla. V rečni strugi se voda zadržuje le občasno, saj ob večjih deževjih naraste in poplavi okoliške njive in travnike, v sušnih obdobjih pa njen površinski tok izgine.

Planinsko polje je značilno kraško polje, kjer v skrajnem južnem delu privrejo vode iz Planinske jame in izvirov Malenščice ter se združijo v reko Unico, ki premeri polje v številnih slikovitih okljukah. Ob močnejšem deževju (spomladi, jeseni) voda ne more odteči skozi ponore, polje se napolni in spremeni v okoli 11 km² veliko jezero.

Postojnska občina leži v razponu nadmorskih višin od 443 m (Planinsko polje) do 1313 m (Suhi vrh na Nanosu). Znamenita Postojnska vrata (609 m) odpirajo najnižji prehod iz Podonavja v Sredozemski prostor. (shrani.si/files/mestopostorv0x.doc)

3.1.1 Podnebne razmere

Po Koppenovi klasifikaciji sodi Pivka v prehodni temperaturni pas, ki sega od prvih kraških planot do glavne dinarsko-alpske pregrade. Glede na padavinski režim sodi v področje z modificiranim režimom, ki ima največ padavin jeseni, najmanj pa pozimi (Kranjc, 1985).

Čeprav leži postojnska občina v neposrednem zaledju Tržaškega in Reškega zaliva, v tej pokrajini ni čutiti neposrednih sredozemskih vplivov. V Postojni je povprečna julijska temperatura 18,3° C, povprečna januarska pa -2° C. Zmrzal se pojavlja po 20. septembru in se je lahko nadejamo še do 25. maja. Postojnska vrata so le 650 m nad morjem, glavne

dinarske planote pa preko 1200 m. Zato prodira skozi vrata hladen zrak proti morju in ima Pivka, ki leži tik pod temi vrati, v vsem prostoru jugozahodno od glavnih dinarskih planot relativno najnižje temperature. Med odločilne dejavnike prehodnosti v podnebnju je šteti burjo, ki je najbolj pogosta januarja in najbolj silovita na Razdrtem.

Burja močno ohladi ozračje, še posebej neprijetna pa je pozimi, ko je združena z metežem in prenaša suh, droben sneg ter dela velike zamete (Melik, 1960).

Spodnja Pivka sodi k podnebnju osrednje Slovenije, v Notranjsko-kočevski podnebni rajon. Za to podnebje je značilno, da so meseci od maja do avgusta vlažnostno suficitni (ni poletne suše), januarske temperature v nižinah od -1° do -3° C, oktobrske višje od aprilskih. Največ padavin pade v hladni polovici leta, v glavnem nad 1600 mm letno, vendar se še pozna vpliv Sredozemlja v bolj sušnem poletju. Ob robu dinarskih planot je povečana oblačnost. V okviru tega rajona zavzema Spodnja Pivka posebno mesto, ker je poleti bolj odprta sredozemskim, pozimi pa celinskim podnebnim vplivom (Kranjc, 1985).

3.1.2 Padavinske razmere

Na območje občine Postojna prinašajo padavine zahodni in jugozahodni vetrovi, ki pihajo iz morja dobro založeni z vodno paro. Te vlažne zračne mase orografske prepreke prisilijo k vzpenjanju, pri čemer se ohlajajo, presežek vlage pa izločajo v obliki padavin. Največ padavin pade v zimskih ter spomladanskih mesecih. V mesečnem povprečju (razen aprila) pade več padavin v Planini pri Rakeku kot v Postojni.

Iz povedanega in primerjave s sosednjimi območji lahko sklepamo, da podnebje na območju občine Postojna oblikujejo trije klimatski tipi, ki brez vidnih in ostrih meja prehajajo eden v drugega. Na prisojnih straneh gorskih pregrad (Nanos in Javornika) vpliva modificiran mediteranski klimatski tip, na osojnih straneh se širi kontinentalna klima, v višjih legah pa gorska klima in vse vmesne oblike klime oziroma prehodi med njimi.

3.2 ZEMLJEPISNI ORIS PIVKE Z OKOLICO

Pivška kotlina je zanimiv svet ob reki Pivki. Obdajajo ga kraške planote in sicer na severu Nanos in Hrušica, na vzhodu in jugozahodu Javorniki in Snežnik, na zahodu pa Slavenski ravniki, ki se proti jugozahodu spusti v Košansko dolino, na jugu pa potegne v Taborski greben.

Planote so najvišje na severni in vzhodni strani, kjer se dvigajo od 300 do 600 m nad kotlino Pivke. Za obrobje Pivške kotline so najbolj značilni Javorniki z Velikim (1268 m) in Malim Javornikom (1220 m). Višji od teh je le Snežnik (1796 m), ki slovi po širokem razgledu. Slavenski ravniki se dviga približno 200 m nad kotlinastim dnom, najvišja med vzpetinami tam pa je Osojnica nad Pivko (820 m), ki je na južni strani. Na jugozahodu se

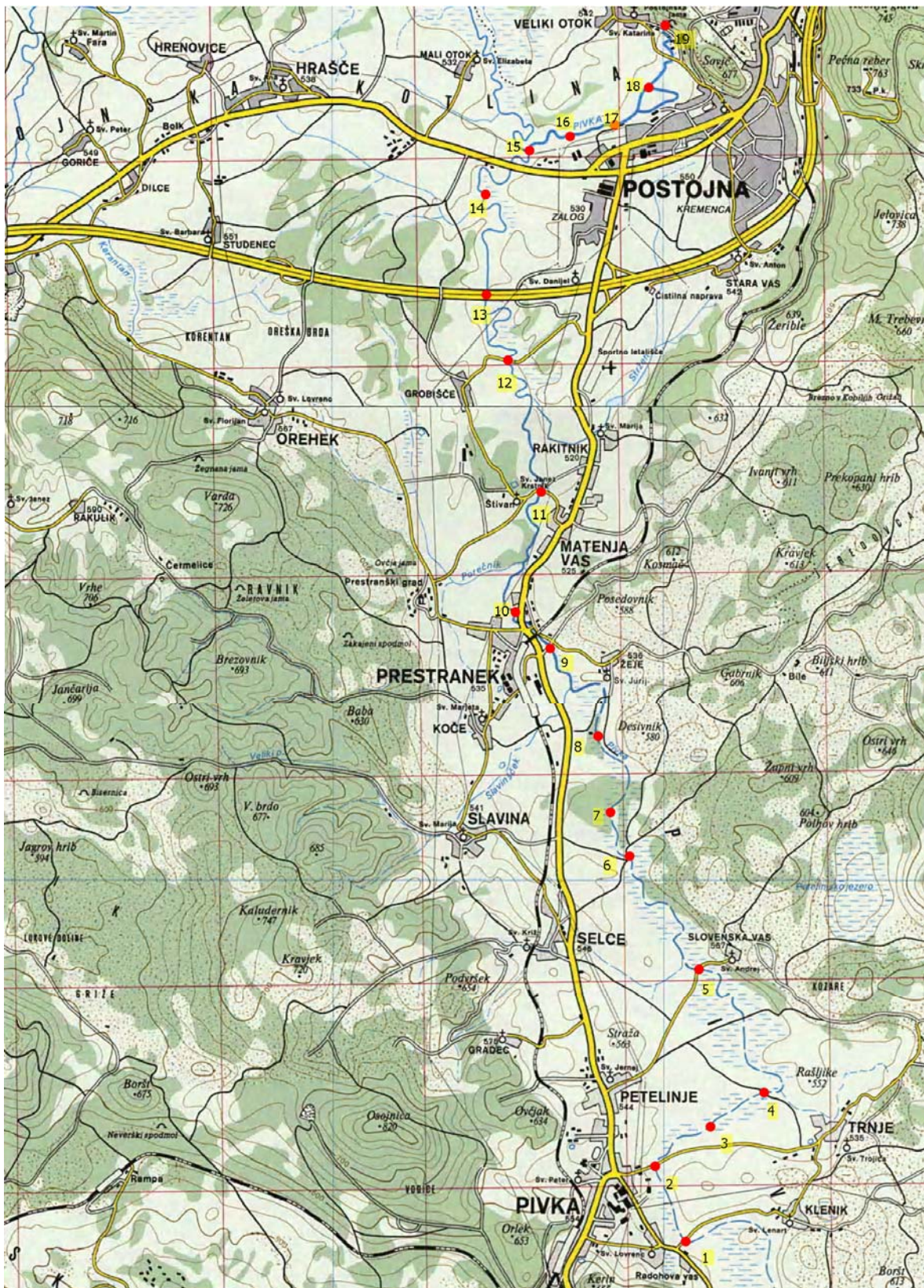
dviga Tabor, ki Zgornjo Pivko deli od doline reke Reke in Brkinov. Proti Pivški kotlini je pobočje razmeroma položno, proti dolini Reke pa strmo in odsekano.

Pivka leži sredi teh planot, ki se vanjo spuščajo preko širokih, uravnanih hrbtov. Dno kotline je najširše na severozahodu, zožuje pa se proti jugu in je najožje med Taborom na zahodu in izrastki Javornikov na vzhodu. Najznačilnejša prehoda v smeri reke Reke sta v Pivki, pri Hrastju (579 m) in v Šembijah (590 m).

Po Pivški kotlini teče ponikalnica reka Pivka, katere izviri so verjetno že studenci v Žlebovih pod Milanjo (1098 m) nad Koritnicami, kjer pa voda takoj izgine v tla. Pravi izvir reke Pivke je pri vasi Zagorje, kjer glavnilno vode dobiva iz bruhalnika v Pivščah, ob večjem deževju pa še iz drugih podobnih izvirov, ki so nižje na poljih, v Klunovem ribniku in ob vznožju Tabora. Dno Pivške kotline ima majhen padec, od 544 m pri Zagorju do 513 m pri Postojni, zato reka Pivka teče počasi in v številnih zavojih, ob deževju pa prestopa bregove ter poplavlja daleč naokrog.

Pivška kotlina leži na prehodu med celinsko Slovenijo in Jadranom, kljub temu pa so morski vplivi majhni. Bolj občutni so vplivi celinske notranjosti, na kar vplivata zaprtost kotline in nadmorska lega v višini 500 do 600 m. Morski vplivi so močnejši v obdobjih južnih vetrov, ko se temperatura ozračja dvigne, naraste tudi vlažnost zraka in prihaja do obilnih padavin. Odjuga sredi zime povzroča naglo taljenje snega, v hladni polovici leta pa običajno piha burja, ki navadno ne odneha po več dni skupaj.

Pivška kotlina je področje srednjeevropskega gozda, za rast pa so podnebni pogoji, z obilico padavin, zelo ugodni. Od drevesnih vrst sta najbolj zastopani bukev in jelka, medtem, ko smreka raste bolj po globljih in hladnih dolinah, posledica pogozdovanja pa so tudi veliki borovi nasadi. (www.geocities.com/pivkatour/ZEMLJEPIS.html)



Slika 1: Pivka z označenimi odseki (Vir: www.arso.gov.si)

3.3 ZEMLJEPISNI ORIS NANOŠČICE Z OKOLICO

Porečje Nanoščice sodi v spodnji del Pivške kotline, v tako imenovano Spodnjo Pivko ali Postojnsko kotlino. Nekateri avtorji štejejo Spodnjo Pivko (pod Prestrankom) za kraško polje, večina pa se jih strinja, da je to kotlina flišnega sveta sredi krasa (Kranjc 1985).

Reka Nanoščica je dobila ime po markantnem narivu gore Nanos zahodno od Postojne, izpod katerega v več povirjih izvira. Najpomembnejši izvir je Globoščak, z leve strani pa se v Nanoščico stekajo še potoki Žabovec, Podnanoščica (Šmihelski potok) in številni manjši potoki iz Zagonskih brd ter z desne potok Mrzlek pod Hraščami. Z južnega obrobja območja, na stiku z Orehovškim krasom dobi Nanoščica močan pritok Korentan (na nekaterih zemljevidih Karantan), kjer je tudi zajetje za postojnski vodovod (Gospodarič, Habe & Habič 1970). V območje sodi tudi Črni potok, ki pri vasi Veliki Otok ponikne v jamo Lekinko. IBA smo zato poimenovali Porečje Nanoščice. Tako vodno okrepljena reka Nanoščica se pred Postojno zlije z reko Pivko, ki je na stiku z apnencem Postojnske gmajne v preteklosti izdolbila znamenito Postojnsko jamo. Reka Pivka se v podzemlju postojnsko-planinskega jamskega sistema združi z reko Rak in privre na dan kot reka Unica na Planinskem polju. Porečji reke Nanoščice in Pivke sta torej del funkcionalnega sistema kraške reke Ljubljanice in sodita v Črnomorsko povodje. Potok Lokva, ki ponikne v Predjami, Belska voda ter Šmihelske ponikve nasprotno odtekajo v porečje Vipave in sodijo v Jadransko povodje. Ti vodotoki niso vključeni v IBA. Razrekanje voda v dve povodji je ena bistvenih posebnosti Pivške kotline (Habe 1985).

Dno porečja Nanoščice je v celoti zgrajeno iz flišnih kamnin, laporjev, peščenjakov in konglomeratov, odloženih v eocenu. Flišne kamnine so vododržne, zato se je tu razvil relief z oblimi griči in vmesnimi ploskimi dolinami. Doline so ozke po nekaj sto metrov, v spodnjem toku Nanoščice pri Malem Otoku pa se dolinsko dno razširi na 1200 metrov. Dna dolin prekrivajo rečni nanosi, predvsem pesek in ilovica ter v manjši meri tudi prod. Griči in vzpetine so le po nekaj 10 metrov dvignjeni nad dolinskim dnom. Ta »brda« predstavljajo terasne nivoje, ki so jih v preteklosti izrezali površinski tokovi (Kranjc 1985). Flišno površje le pri Razdrtem preko nizkega prevala (595 m) prehaja v flišno Vipavsko dolino, povsod drugod pa območje obdajajo kraške planote; Nanos (1261 m), Hrušica (1019 m), Javorniki (1268 m) in prestranško-slavenski ravniki.

Skladno s kamninsko zgradbo sta v dolini Pivke in Nanoščice tudi dva tipa podzemeljske vode; talna in kraška voda. Na aluvialnih ravninah ob Nanoščici najdemo podtalnico tik pod površjem, zato so tu razvita obsežna močvirja. Kraški izviri na obrobju kotline pa ob obilnem deževju izdatno zalivajo območje ter tako prispevajo k rednim poplavam, kar je sicer značilnost celotne Pivške kotline (Kranjc 1985).

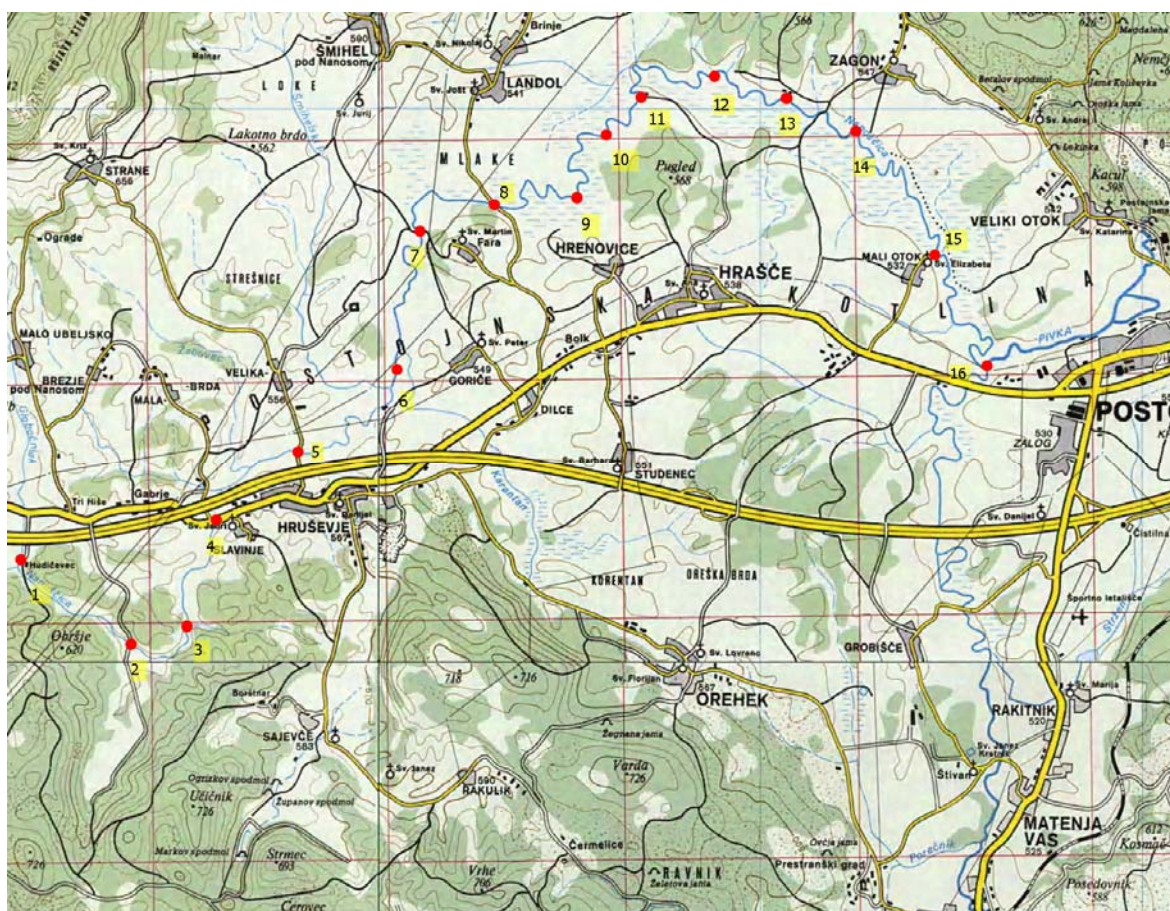
Celotno kotlino zaznamuje prehodna lega med celinsko Slovenijo in Jadranskim primorjem.

Glede na padavinski režim sodi območje v področje z modificiranim režimom, ki ima največ padavin jeseni, najmanj pa pozimi. Čeprav leži Nanoščica v neposrednem zaledju

Tržaškega in Reškega zaliva, v tej pokrajini ni čutiti neposrednih sredozemskih vplivov. V Postojni je povprečna julijska temperatura 18.3°C, januarska pa -2°C (Kovačič, 1975). Zaradi prehodnosti in zato vetrovnosti v zimski polovici leta tu veje močna burja in je v kotlini porečja Nanoščice relativno malo megle.

Padavine so obilne vse leto, vendar največ padavin pade v hladni polovici leta, približno 1600 mm letno (Kranjc, 1985).

Visoka talna voda, značilna za dna dolin porečja Nanoščice, je vzrok, da so naselja Hruševje, Šmihel, Landol, Hrenovice, Goriče, Studenec, Hrašče, Zagon in Mali Otok postavljena na višjem gričevnatem svetu, zato so se jih pri omejitvi IBA, kjer prevladuje močvirni svet, večinoma izognili.



Slika 2: Nanoščica z označenimi odseki (Vir: www.arso.gov.si)

4 METODE DELA

Od konca julija pa do srede septembra v letu 2005 smo na kraškima vodotokoma Pivke in Nanoščice ugotavljali prisotnost, pogostost in razporeditev makrofitiv ter ocenjevali okoljske razmere. Pivko smo razdelili na skupaj 18 odsekov, Nanoščico pa na 15. Meje med njimi smo postavili glede na spremembe ekoloških, hidroloških in drugih razmer v strugi ter glede na spremembe v obrežnem pasu in širšem območju. Koordinate odsekov smo beležili s pomočjo GPS (Global Positioning System). V posameznem odseku smo popisali makrofitske vrste, določili njihovo pogostost in rastno obliko ter ocenili abiotske parametre. Vzporedno smo s pomočjo RCE metode (Riparian, Chanel and Environmental Inventory) izdelali okoljsko oceno vodotokov. Na 8 izbranih lokacijah Pivke in Nanoščice smo opravili še nekatere fizikalne meritve in pobrali vzorce vode za kemijsko analizo nitratov in fosfatov v laboratoriju.

4.1 FIZIKALNE MERITVE IN KEMIJSKE ANALIZE VODE

Vzorce vode za kemijske analize in fizikalne meritve smo odvzeli dvakrat. Prvič v času 12.09.2005 in drugič približno leto kasneje. Na Pivki vzorčno mesto V1 sovpada s 1. odsekom, vzorčno mesto V2 s 4. odsekom, vzorčno mesto V3 z 9. odsekom in vzorčno mesto V4 s 14. odsekom. Na Nanoščici vzorčno mesto V5 sovpada s 15. odsekom, vzorčno mesto V6 z 8 odsekom, vzorčno mesto V7 s 5. odsekom in vzorčno mesto V8 s 1. odsekom.

Na mestih vzorčenja smo merilcem izmerili koncentracijo raztopljenega kisika, nasičenost s kisikom, pH in temperaturo. Meritve smo opravili v dopoldanskem času v sončnem vremenu. Isti dan smo v laboratoriju izmerili še pH in prevodnost ter določili koncentracijo nitratnih ionov (NO_3^-) po metodi z natrijevim salicilatom in koncentracijo in koncentracijo ortofosfatnih ionov (PO_4^{3-}) po metodi z amonmolibdatom (Urbanič & Toman, 2003).

4.2 MAKROFITI

4.2.1 Delo na terenu

Za hojo po strugi in natančnejše popisovanje makrofitov smo uporabili visoke škornje. Ob večji globini vode, smo makrofite popisovali z bregov vodotoka ali pa smo si pomagali s čolnom. Vrste smo večinoma določili na terenu, težje določljive pa naknadno v laboratoriju. Pri določevanju smo si pomagali z naslednjimi določevalnimi ključi: Casper & Krausch (1980), Hutchinson (1975), Martinčič & sod. (1999), Preston (1995). Vsak vodotok smo razdelili na več različno dolgih odsekov in v vsakem odseku ocenili prisotnost in pogostost vrst po petstopenjski lestvici ter rastno obliko.

Pogostost (abundanco) rastlinskih vrst smo ocenili po petstopenjski lestvici. Stopnje pogostosti so naslednje: 1 = posamična, 2 = redka, 3 = zmerno prisotna, 4 = pogosta, 5 = prevladujoča vrsta (Pall & Janauer, 1995). Možne rastne oblike so: ap = plavajoče neukoreninjene rastline, sp = potopljene neukoreninjene rastline, sa = potopljene ukoreninjene rastline, fl = plavajoče ukoreninjene rastline, am = rastline z amfibijskim značajem, he = močvirske rastline ali helofiti.

4.2.2 Obdelava podatkov

Vse podatke o rastlinah in ekoloških parametrih smo vnesli v MS Excelovo tabelo in jih obdelali s pomočjo računalniškega programa, ki ga je po metodologiji povzeti po Pall & Janauer (1995) priredil Milijan Šiško.

Ocene prisotnosti in pogostosti makrofitov so nam prikazale razlike v razporeditvi rastlin v celotnem vodotoku ali le na določenem odseku vodotoka. Pogostost makrofitov interpretiramo kot masni indeks (MI), ki je s »pravo biomaso« (PM) povezan s funkcijo $f(x) = x^3$. Relativno rastlinsko maso (RPM) uporabimo za računanje kvantitativne pomembnosti vrste v rečnem odseku (Pall & Janauer, 1995).

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

RPM_x = relativna rastlinska masa vrste x

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

L_i = dolžina rečnega odseka i

Ločimo lahko dva vzorca porazdelitve vrst:

- vrsta kaže relativno homogeno porazdelitev
- vrsta kaže nezvezen, gručast vzorec porazdelitve

Povprečni masni indeks (MMI) nam daje bolj natančno razlago porazdelitve vrst. Pomembnost vrste prikazuje z dveh različnih vidikov:

MMT = povprečni masni indeks vrste na vsej dolžini reke (črna oznaka v grafu)

MMO = povprečni masni indeks vrste na odseku, kjer se pojavlja (bela oznaka v grafu)

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

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

MI_i = masni indeks vrste v odseku i

AL_i = dolžina odseka i v katerem je vrsta prisotna

GL = celotna dolžina pregledanega vodotoka

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

Razmerje masnih indeksov podaja vrednost d, ki nam pove, na kolikšnem deležu reke je bila vrsta prisotna.

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

d = 0,5 pomeni, da je bila vrsta prisotna v polovici dolžine pregledane struge,

d = 1 pomeni, da je bila vrsta prisotna v celotni dolžini pregledane struge.

4.3 ŠIRŠA OKOLJSKA OCENA (RCE metoda)

Za oceno stanja okolja smo uporabili nekoliko spremenjeno različico RCE metode po Petersonu (1992) (Germ – Jogan, 1997; Urbanič & Toman, 2003). Metoda je bila razvita za vrednotenje majhnih, nižinskih vodotokov na kmetijskih območjih na osnovi fizičnih in biotskih značilnosti vodotoka, upoštevajoč značilnosti zaledja. Raziskave so pokazale, da je z modifikacijami primerna tudi za druge tipe vodotokov. Temelji na dvanajstih značilnostih, s pomočjo katerih ocenimo strukturo obrežnega pasu, brega in struge, tip zaledja in detrit. Opazovane značilnosti zabeležimo v obrazec, v katerem je vsaka od njih razdeljena v štiri različno ovrednotene kategorije. Za vsako od značilnosti nam obrazec ponuja štiri različna stanja, ki jim pripada določeno število točk. Najbolj spremenjeno ali degradirano stanje neke značilnosti ima vrednost 1, najbolj nespremenjeno ali naravno stanje pa vrednost med 15 in 30, (odvisno od tega, koliko ta značilnost prispeva k celotnemu stanju vodotoka ter od verjetnosti, da jo pravilno ocenimo). Ko na koncu vse točke seštejemo, na podlagi seštevka, odsek uvrstimo v kakovostni razred. Najvišje možno število je 280, najnižje pa 12.

Tabela 1: Vrednotenje rezultatov

razred	točke	ocena
I	227-280	odlično
II	173-226	zelo dobro

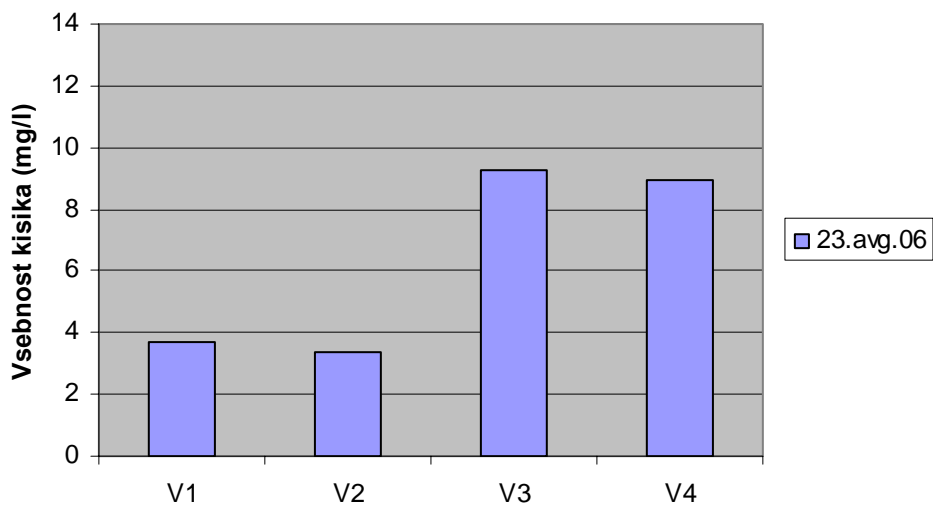
III	119-172	dobro
IV	65-118	slabo
V	12-64	zelo slabo

RCE metoda ni prilagojena za kraške vodotoke, kjer prihaja do presihanja, oziroma pojavljanja tolmunov s stoječo vodo preko celotnih odsekov. Neugodne hidrološke razmere lahko občutno doprinesejo k slabši končni oceni posameznih odsekov. Tudi spremembe okoljskega stanja (substrat, breg,..), ki so posledica vsakoletnih poplavljanj, se vrednotijo kot spremenjeno stanje.

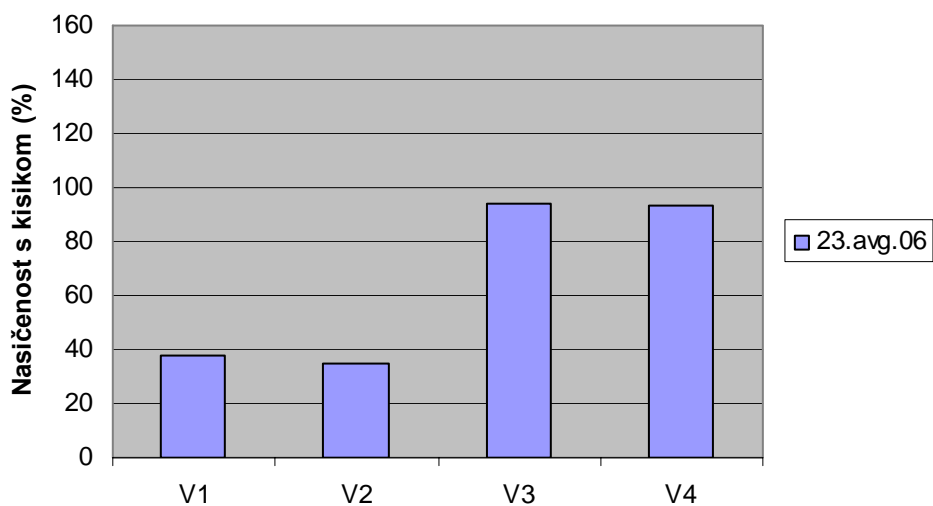
5 REZULTATI

5.1 FIZIKALNE MERITVE

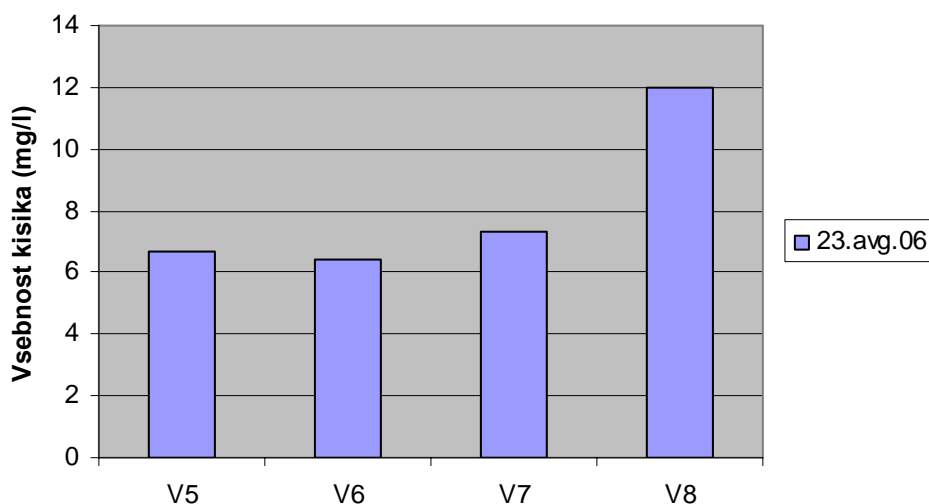
5.1.1 Kisikove meritve



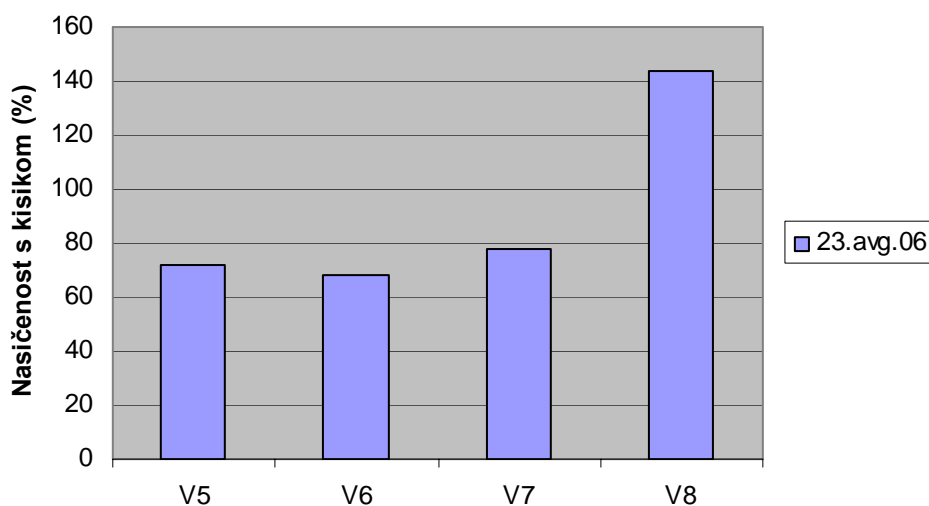
Slika 3: Vsebnost kisika v vodi na vzorčnih mestih reke Pivke v letu 2006



Slika 4: Nasičenost vode s kisikom na vzorčnih mestih reke Pivke v letu 2006



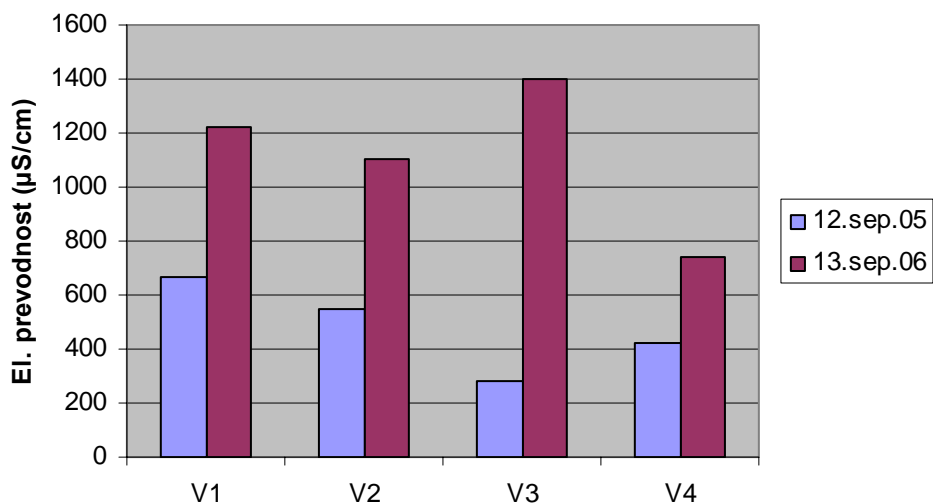
Slika 5: Vsebnost kisika v vodi na vzorčnih mestih reke Nanoščice v letu 2006



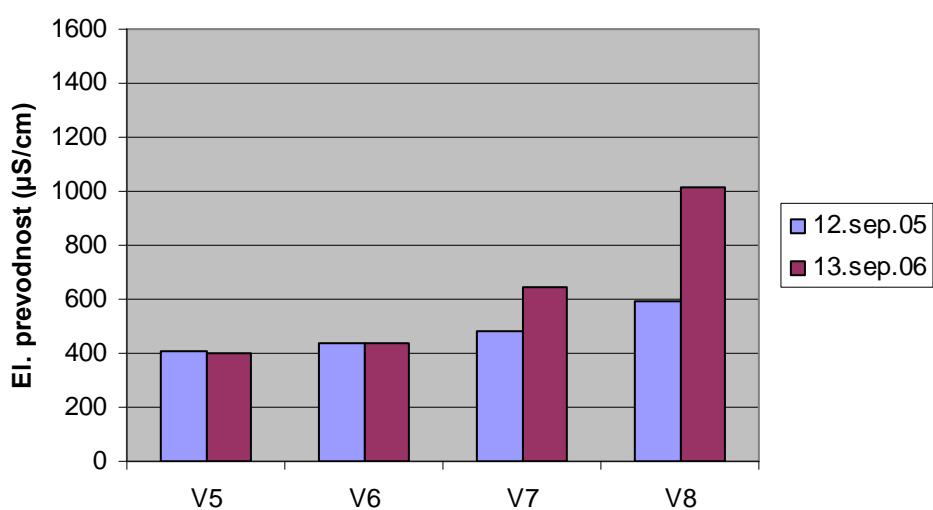
Slika 6: Nasičenost vode s kisikom na vzorčnih mestih reke Nanoščice v letu 2006

Meritve smo izvajali v dopoldanskem času v sončnem vremenu. Z meritvami smo začeli ob 9. uri na vzorčnem mestu V1 in končali ob 11. uri na vzorčnem mestu V8. Na Pivki je avgusta prisoten trend naraščanja koncentracije in nasičenosti s kisikom od izvira po toku navzdol. Tok Pivke poteka od V1 proti V4. Pri Nanoščici, kjer poteka tok od V8 proti V5, pa je trend ravno obraten. Koncentracija in nasičenost s kisikom po toku navzdol padata. Najvišja vsebnost in nasičenost s kisikom je prisotna na vzorčnem mestu V8 z hitro tekočo in bistro vodo. Na vzorčnih mestih V1 in V2, kjer so vrednosti najnižje, pa je voda skoraj stoječa, motna in z veliko mulja.

5.1.2 Električna prevodnost



Slika 7: Električna prevodnost vode na vzorčnih mestih reke Pivke v letih 2005 in 2006

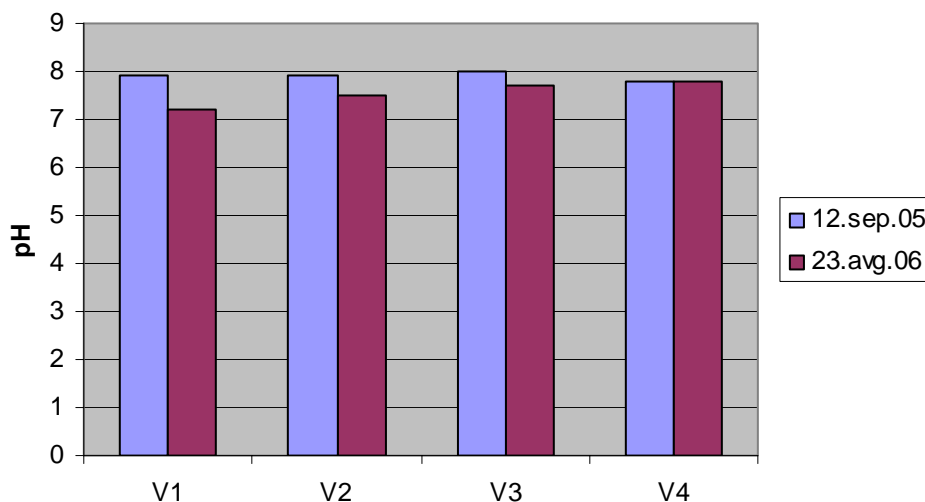


Slika 8: Električna prevodnost vode na vzorčnih mestih reke Nanoščice v letih 2005 in 2006

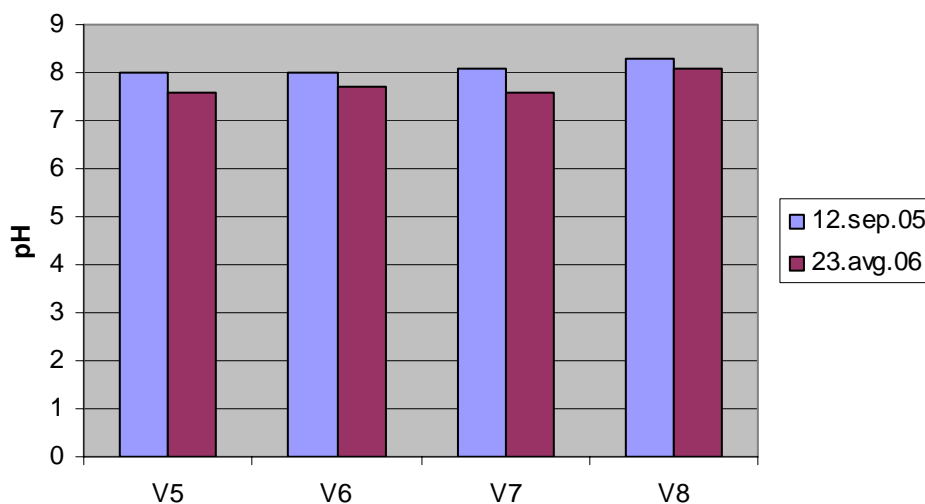
Iz slik je lepo razvidno, da imata vodotoka različne vrednosti električne prevodnosti. Na splošno je opazen trend nižanja električne prevodnosti po toku navzdol. Velika razlika je opazna na vodotoku reke Pivke (13.sep.06), kjer so zaradi manjše količine vode nastale luže (vzorčna mesta V1, V2 in V3), le pri vzorčnem mestu V4 je bila voda tekoča. Na Nanoščici takšnih nihanj ni bilo opaziti. Na vseh vzorčnih mestih je bila voda tekoča, povečana vrednost pa je bila izmerjena le na vzorčnih mestih V8 in V7 (13.sep.06), glede na prejšnje leto. V letu prvih meritev je bilo v obeh vodotokih več vode. Najnižja (278

$\mu\text{S/cm}$) in hkrati najvišja (1399 $\mu\text{S/cm}$) električna prevodnost je bila izmerjena na Pivki na vzorčnem mestu V3.

5.1.3 pH



Slika 9: Vrednost pH vode na vzorčnih mestih reke Pivke v letih 2005 in 2006



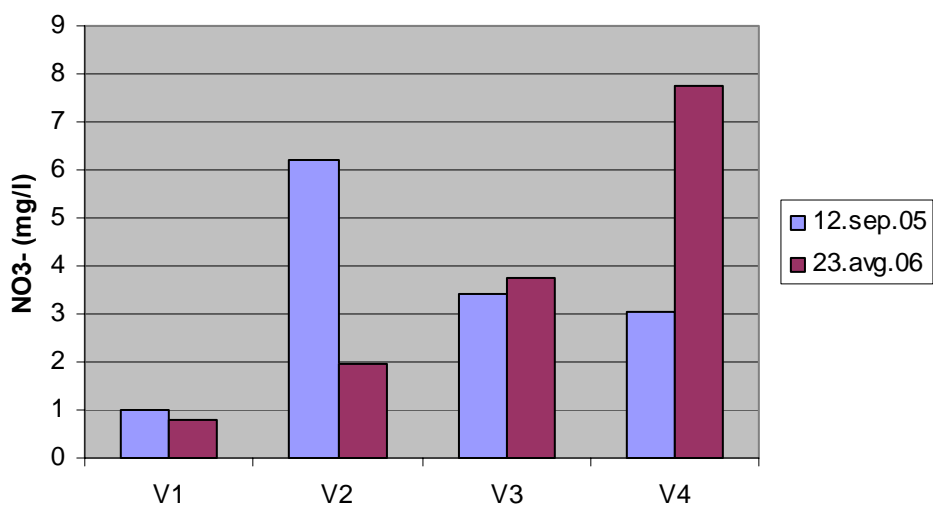
Slika 10: Vrednost pH vode na vzorčnih mestih reke Nanoščice v letih 2005 in 2006

Na reki Pivki je v avgustovskih meritvah leta 2006 opazen trend naraščanja vrednosti pH po toku navzdol, medtem ko se v meritvah leto prej vrednosti spreminjajo. Na reki Nanoščici je trend pri obeh meritvah ravno obraten. Po toku navzdol (od V8 proti V5) je zaznaven trend upadanja vrednosti pH. Najvišja vrednost je bila izmerjena na Nanoščici

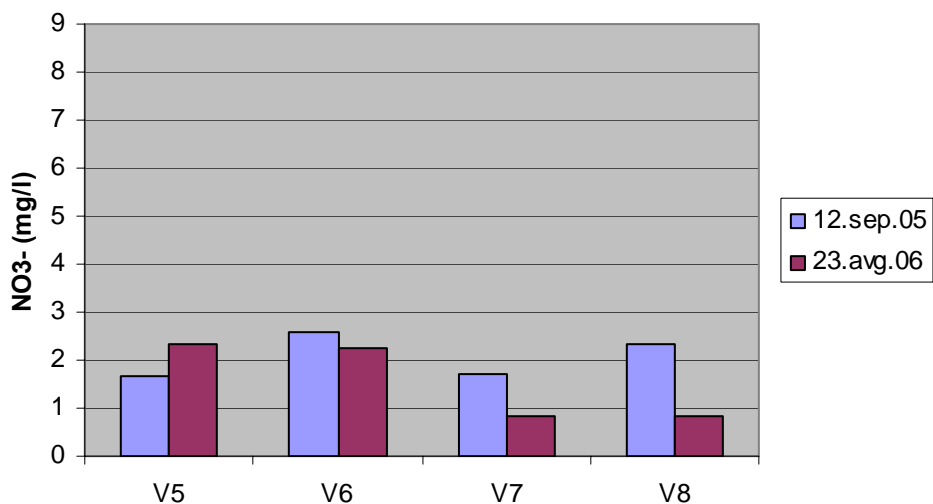
septembra 2005 na vzorčnem mestu V8 (pH 8,3), najnižja pa na reki Pivki leto prej (pH 7,2).

5.2 KEMIJSKE ANALIZE

5.2.1 Vsebnost nitratnih ionov



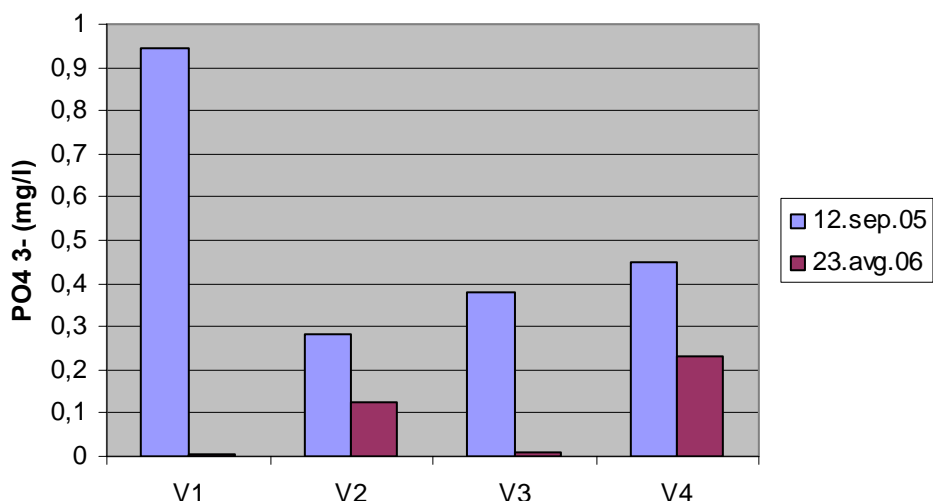
Slika 11: Koncentracija nitratnih ionov v vodi na vzorčnih mestih Pivke v letih 2005 in 2006



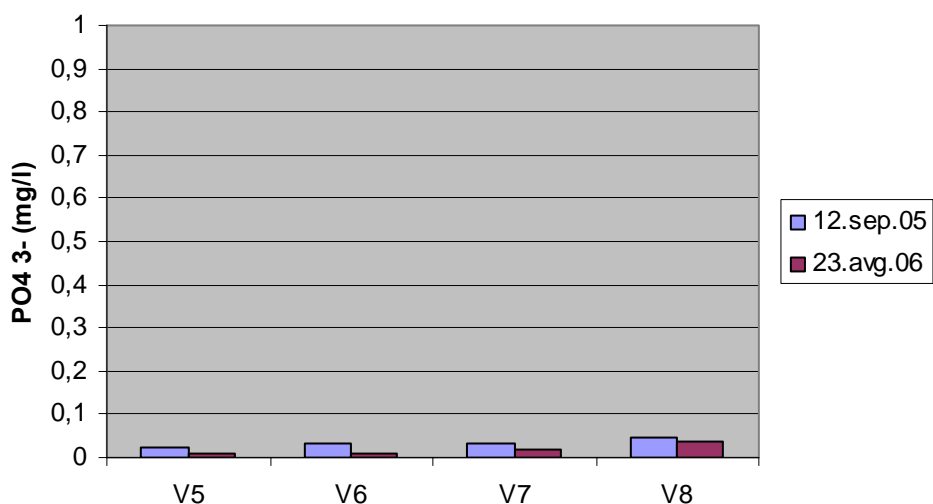
Slika 12: Koncentracija nitratnih ionov v vodi na vzorčnih mestih Nanoščice v letih 2005 in 2006

Koncentracije nitratnih ionov se razlikujejo med posameznimi vodotoki in znotraj samih vodotokov. Najnižje vrednosti so bile izmerjene na vzorčnem mestu V1 (0,775 mg/l), najvišje pa na vzorčnem mestu V4 (7,738 mg/l) prav tako na reki Pivki. V meritvah leta 2006 je opazen trend naraščanja vrednosti po toku navzdol.

5.2.2 Vsebnost ortofosfatnih ionov



Slika 13: Koncentracija ortofosfatnih ionov v vodi na vzorčnih mestih Pivke v letih 2005 in 2006



Slika 14: Koncentracija ortofosfatnih ionov v vodi na vzorčnih mestih Nanoščice v letih 2005 in 2006

Razen na vzorčnem mestu V1 (v neposredni bližini komunalnega izpusta okoliških hiš) na reki Pivki, kjer je bila izmerjena tako najvišja kot najnižja vrednost (0,985 mg/l in 0,0063 mg/l), je opazen trend naraščanja koncentracije po toku navzdol. Na Nanoščici je trend

ravno obraten. Od vzorčnega mesta V8 proti V5 koncentracija ortofosfatnih ionov upada. Ob Nanoščici je manj naselij, medtem ko je obdelovalnih površin na obeh vodotokih približno enako.

5.3 MAKROFITI NA PREGLEDANIH VODOTOKIH

5.3.1 Vrstna sestava

Na skupno 33 odsekih dveh vodotokov smo popisali skupaj 28 makrofitskih taksonov, ki so prikazani v tabeli 1. V Pivki se je na 18 odsekih pojavilo 21, v Nanoščici (19 km) pa 24 različnih rastlinskih taksonov.

Makrofite smo razvrstili po sistemu, ki temelji na rastni obliki rastlinskih vrst (Janauer, 2002):

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

Tabela 2: Seznam v pregledanih vodotokih odkritih makrofitov in njihova rastna oblika

LATINSKO IME	OKRAJŠAVA	SLOVENSKO IME	OBLIKA
<i>Alisma</i> sp.	Ali sp	porečnik	am
<i>Bryophyta</i>	Bry	mahovi	sa
<i>Callitriche</i> sp.	Cal sp	žabji las	sa
<i>Caltha palustris</i> L.	Cat pal	navadna kalužnica	am
<i>Equisetum palustre</i> L.	Equ pal	močvirska preslica	he
<i>Galium palustre</i> L.	Gal pal	močvirska lakota	he
<i>Iris pseudacorus</i> L.	Iri pse	vodna perunika	he
<i>Juncus alpino-articulatus</i> Chaix.	Jun alp	alpsko ločje	am
<i>Lycopus europaeus</i> L.	Lyc eur	navadni regelj	he
<i>Lysimachia vulgaris</i> L.	Lys vul	navadna pijavčica	he
<i>Lysimachia nummularia</i> L.	Lys num	okroglostna pijavčica	he
<i>Lythrum salicaria</i> L.	Lyt sal	navadna krvenka	he
<i>Mentha aquatica</i> L.	Men aqu	vodna meta	he
<i>Myosotis scorpioides</i> L.	Myo sco	močvirska spominčica	he
<i>Muriophyllum spicatum</i> L.	Myr spi	klasasti rmanec	sa
<i>Nasturtium officinale</i> R.Br.&Aiton	Nas off	navadna vodna kreša	sa
<i>Nymphaea alba</i> L.	Nym alb	beli lokvanj	fl
<i>Phalaris arundinacea</i> L.	Pha aru	pisana čužka	he

<i>Phragmites australis</i>	Phr aus	navadni trst	he
<i>Polygonum amphibium</i> L.	Pol amp	vodna dresen	am
<i>Polygonum</i> sp.	Pol sp	dresen	am
<i>Potamogeton crispus</i> L.	Pot cri	kodravi dristavec	sa
<i>Ranunculus trichophyllus</i> Chaix	Ran tri	lasastolistna vodna zlatica	sa
<i>Rorippa amphibia</i> (L.)Besser	Ror amp	prava potočarka	am
<i>Sparganium</i> sp.	Spa sp	ježek	he
<i>Typha latifolia</i> L.	Typ lat	širokolistni rogoz	he
<i>Veronica anagallis-aquatica</i> L.	Ver ana	vodni jetičnik	he
<i>Veronica beccabunga</i> L.	Ver bec	studenčni jetičnik	he

5.3.2 Prisotnost in pogostost makrofitov

5.3.2.1 Pivka

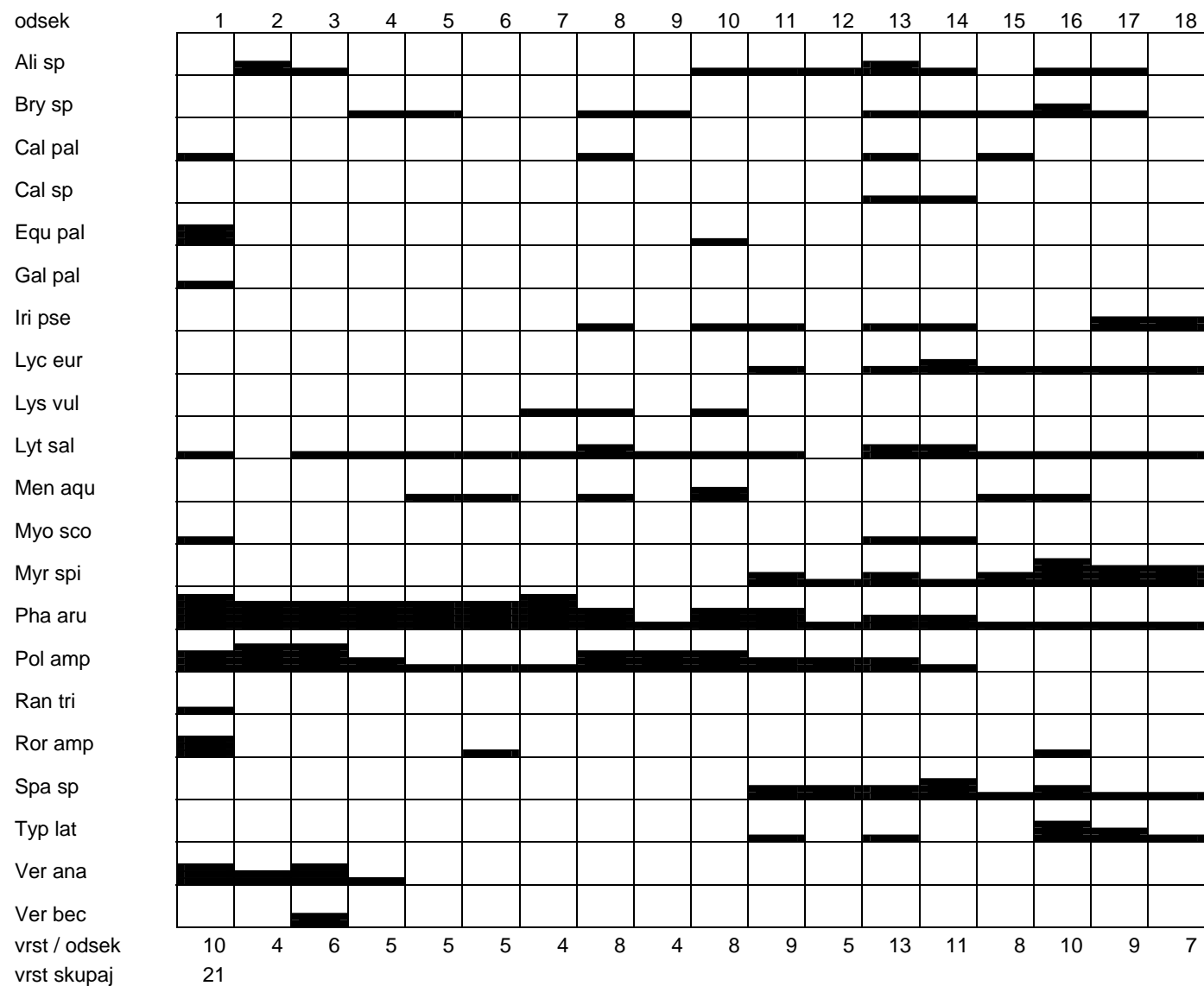
Na Pivki smo na 18 odsekih popisali poleg mahov (Bryophyta) še 20 višjih vodnih rastlin. Pet jih je bilo prisotnih vsaj na polovici odsekov, ena vrsta pa se je pojavljala vzdolž celotne struge (*Phalaris arundinacea*) na odsekih s stoječo vodo, na nabrežju ali v vodi. Na treh četrтинah vseh odsekov sta bili poleg omenjene, prisotni še dve vrsti *Lythrum salicaria* (na 16 odsekih) in *Polygonum amphibium* (na 14 odsekih). Glede na relativno rastlinsko maso (RPM) je najbolj zastopana vrsta *Phalaris arundinacea* (51 %), sledijo vrste *Polygonum amphibium* (18 %), *Myriophyllum spicatum* (7 %), *Sparganium* sp. (5 %) ter vrsti *Lythrum salicaria* in *Veronica anagallis-aquatica* s 3 %. Ostale vrste so imele RPM pod 2%.

Pogostost pojavljanja rastlin po odsekih in relativna rastlinska masa nista bili vedno v pozitivni povezavi. Rod *Alisma* sp., ki se pojavlja na 9 odsekih je dosegel 2 % relativne rastlinske mase, vrsta *Iris pseudacorus*, ki se pojavlja na 7 odsekih pa 1 % RPM. Medtem, ko sta vrsti *Rorippa amphibia* (3 odseki) in *Equisetum palustre* (2 odseka) dosegali 2%, vrsta *Veronica anagallis-aquatica* (4 odseki) pa 3 % RPM.

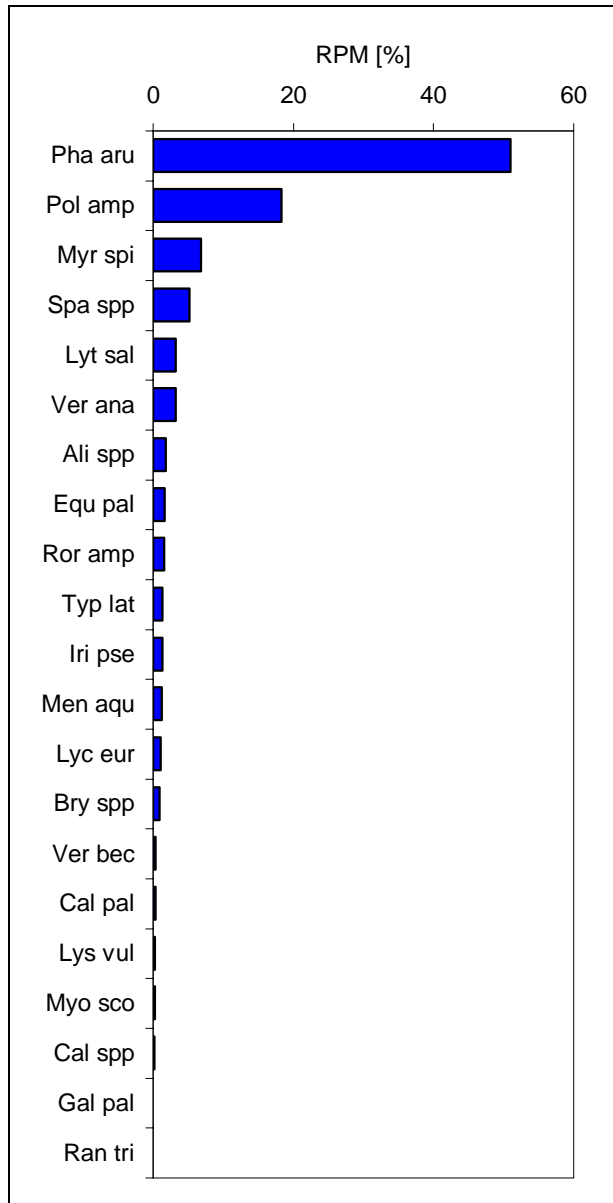
Občutnejše razlike med MMO in MMT so bile opazne pri vrstah: *Equisetum palustre*, *Myriophyllum spicatum*, *Rorippa amphibia*, *Veronica anagallis-aquatica*, *Veronica beccabunga* in rodu *Sparganium* sp..

V zgornjih odsekih, kjer toka ni bilo ali pa je bil komaj opazen, mestoma pa je struga presušila, je prevladovala vrsta *Phalaris arundinacea*. Čeprav se pojavlja na vseh odsekih, njegova pogostost po toku navzdol upada. Nekatere rastline se pojavljajo samo v zgornjem delu struge. Vrsti *Ranunculus trichophyllus* in *Galium palustre* se pojavita samo na prvem odseku, vrsta *Veronica beccabunga* pa na tretjem. Razlog za to so lahko boljše svetlobne razmere. Vrsta *Veronica anagallis-aquatica*, ki se na celem vodotoku pojavi samo na prvih štirih odsekih, je najmanj prisotna na četrtem odseku, kjer je zaraščenost zaledja večja kot na prvih treh. Vrsta *Polygonum amphibium* se z izjemo zadnjih štirih odsekov, kjer je vode več, pojavlja na celem vodotoku.

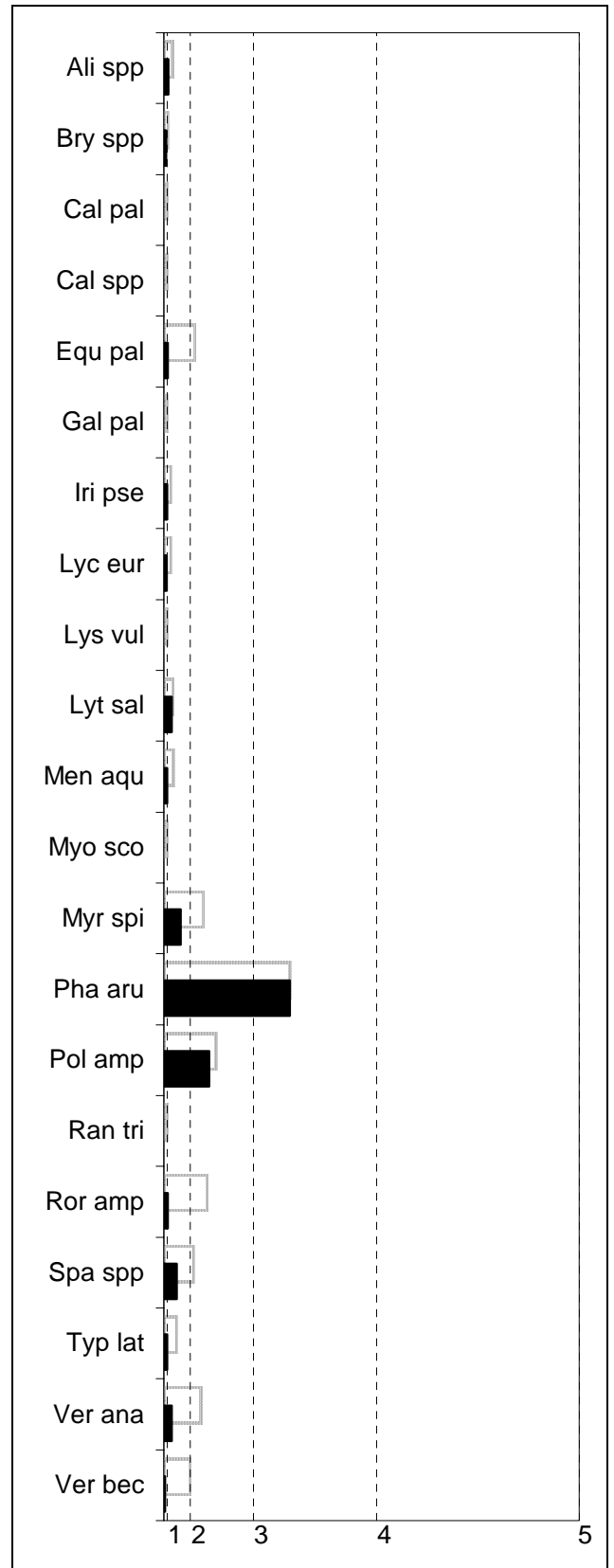
Po celotnem vodotoku, z izjemo drugega in dvanajstega odseka, se pojavlja tudi vrsta *Lythrum salicaria*. Mah se pojavlja razporejen po celotnem vodotoku in obrašča kamne. Rod *Alisma* sp. je bolj pogostost proti koncu vodotoka medtem, ko se vrste *Rorippa amphibia*, *Mentha aquatica*, *Caltha palustris*, *Myosotis scorpioides*, pojavljajo manj pogosto, vendar razporejene po celotnem vodotoku. V spodnji polovici vodotoka so se pojavili taksoni *Caltha palustris*, *Iris pseudacorus*, *Myriophyllum spicatum*, *Sparganium* sp. in *Typha latifolia*. Vrsta *Myriophyllum spicatum*, ki se je pojavila na enajstem odseku, se je proti koncu struge vse bolj razraščala. Najpogostejša je bila na globjih in osončenih delih struge. Na splošno Pivka zaradi velike zasenčenosti struge ni najbolj ugoden habitat za naselitev višjih rastlin, kar se najbolj vidi na mestih brez lesnatih vrst na obrežju.



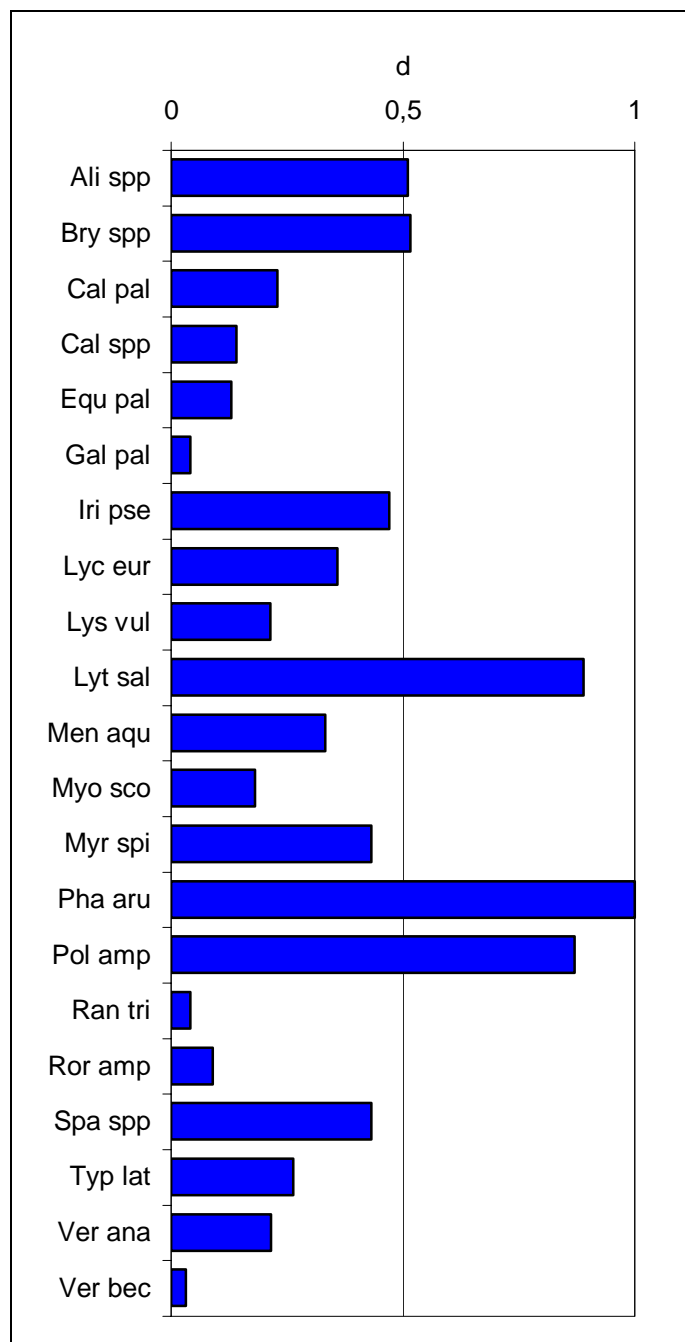
Slika 15: Razporeditev in pogostost posameznih taksonov makrofitov v Pivki v letu 2005



Slika 16: Relativna rastlinska masa posameznih Taksonov makrofitov v Pivki v letu 2005



Slika 17: Povprečni masni indeks za posamezne taksonne makrofitov v Pivki v letu 2005; črne oznake-MMT, bele oznake-MMO



Slika 18: Razmerje povprečnih masnih indeksov MMT in MMO v Pivki v letu 2005; d=0,5 pomeni, da je bil takson prisoten v polovici dolžine pregledane struge, d=1 pomeni, da je bil takson prisoten v celotni dolžini pregledane struge.

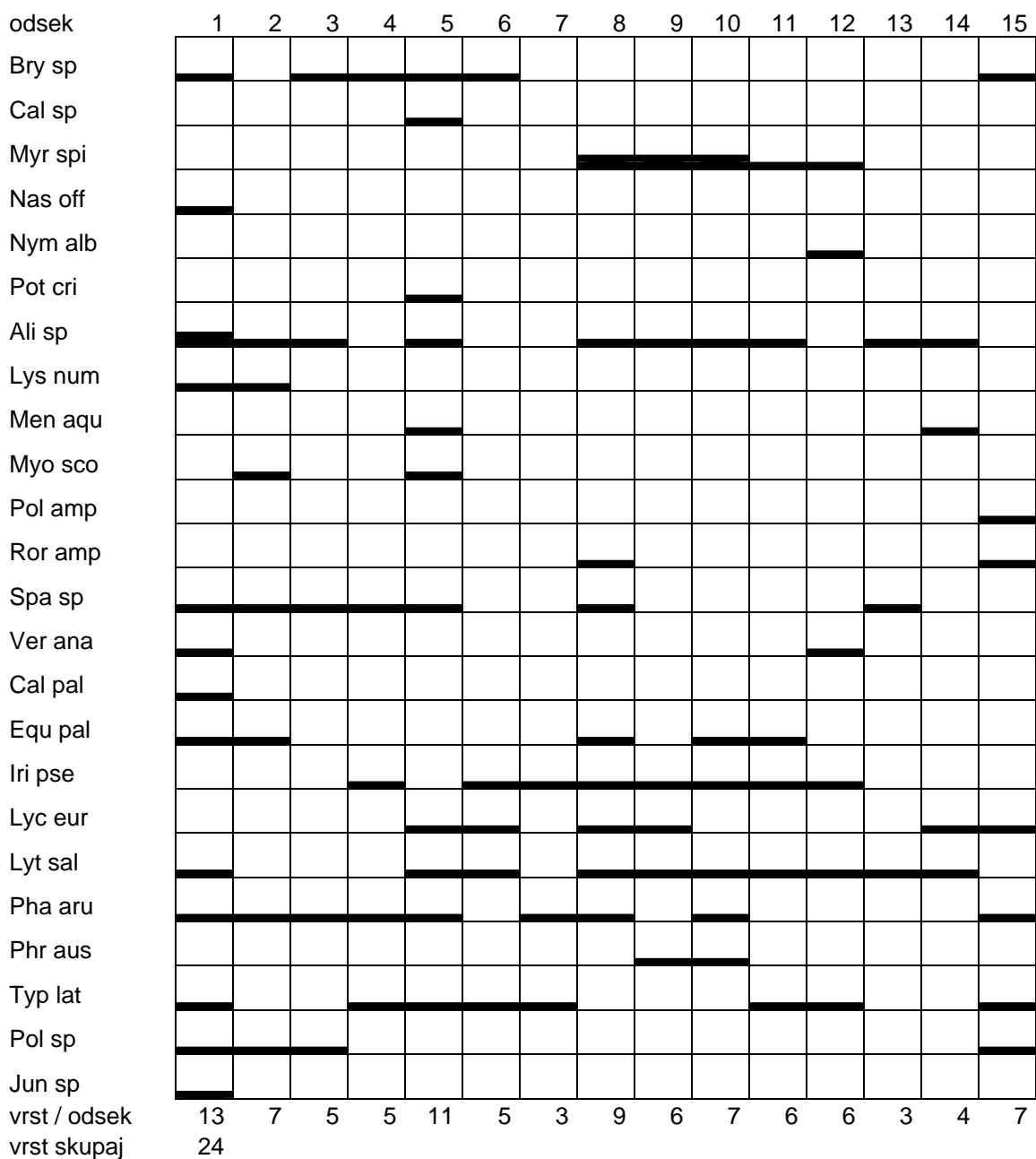
5.3.2.2 Nanoščica

Na Nanoščici smo na 15 odsekih popisali in spremljali poleg mahov (Bryophyta) še 23 višjih vodnih rastlin. Pet vrst je bilo prisotnih na več kot polovici odsekov, niti ena vrsta med njimi pa se ni pojavila na vseh. Na največ odsekih so se pojavili taksoni *Lythrum salicaria* in *Alisma* sp. (na 10 odsekih), *Phalaris arundinacea* (na 9 odsekih). Glede na relativno rastlinsko maso (RPM) je najbolj zastopana vrsta *Myriophyllum spicatum* (18 %), sledijo taksoni *Alisma* sp. (14 %), *Lythrum salicaria* (8 %), *Phalaris arundinacea* in *Typha latifolia* 7 %, *Lycopus europaeus* in *Iris pseudocorus* 6 %, *Bryophyta* in *Sparganium* sp. 5 %, *Equisetum palustre* in *Polygonum* sp. 3 % ter *Mentha aquatica* in *Rorippa amphibia* (2 %). Ostale vrste so imele RPM pod 2%.

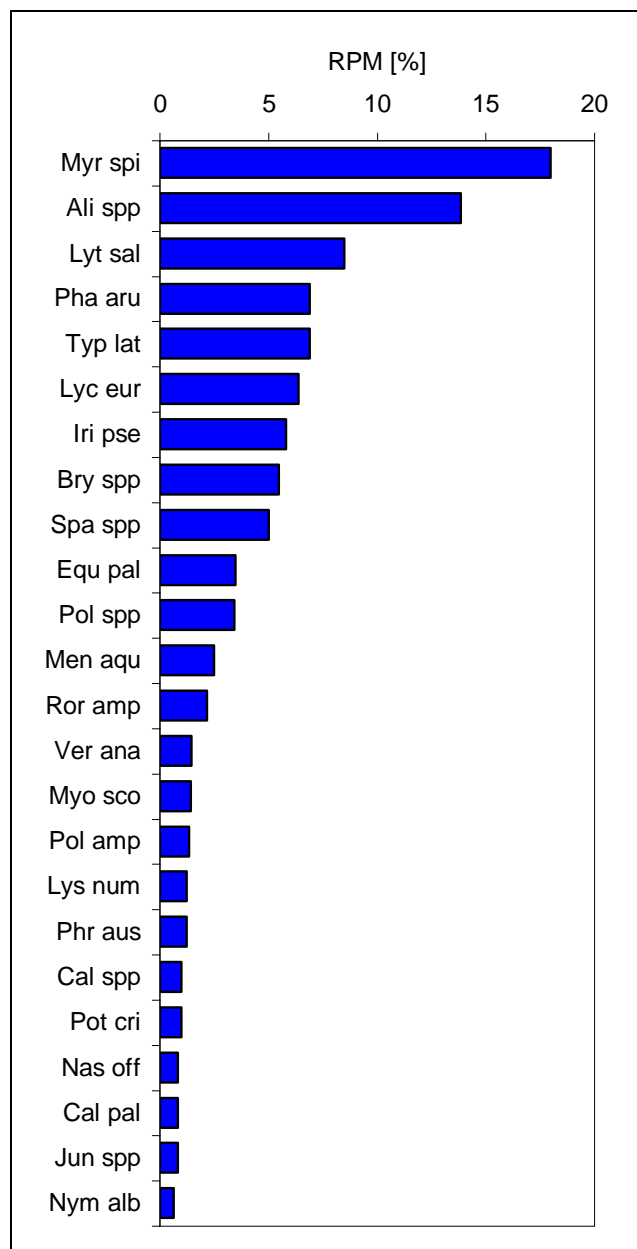
Pogostost pojavljanja rastlin po odsekih in relativna rastlinska masa nista bili vedno v pozitivni povezavi. Vrsta *Myriophyllum spicatum*, ki je imela z 18 % največji RPM se je pojavila na samo 5 odsekih. Po drugi strani se je na enakem številu odsekov (5 odsekov) pojavila vrsta *Equisetum palustre* z RPM 3 % in na 7 odsekih rod *Sparganium* sp. z RPM 5 %.

Občutnejše razlike med MMO in MMT so bile opazne pri vrsti *Myriophyllum spicatum*.

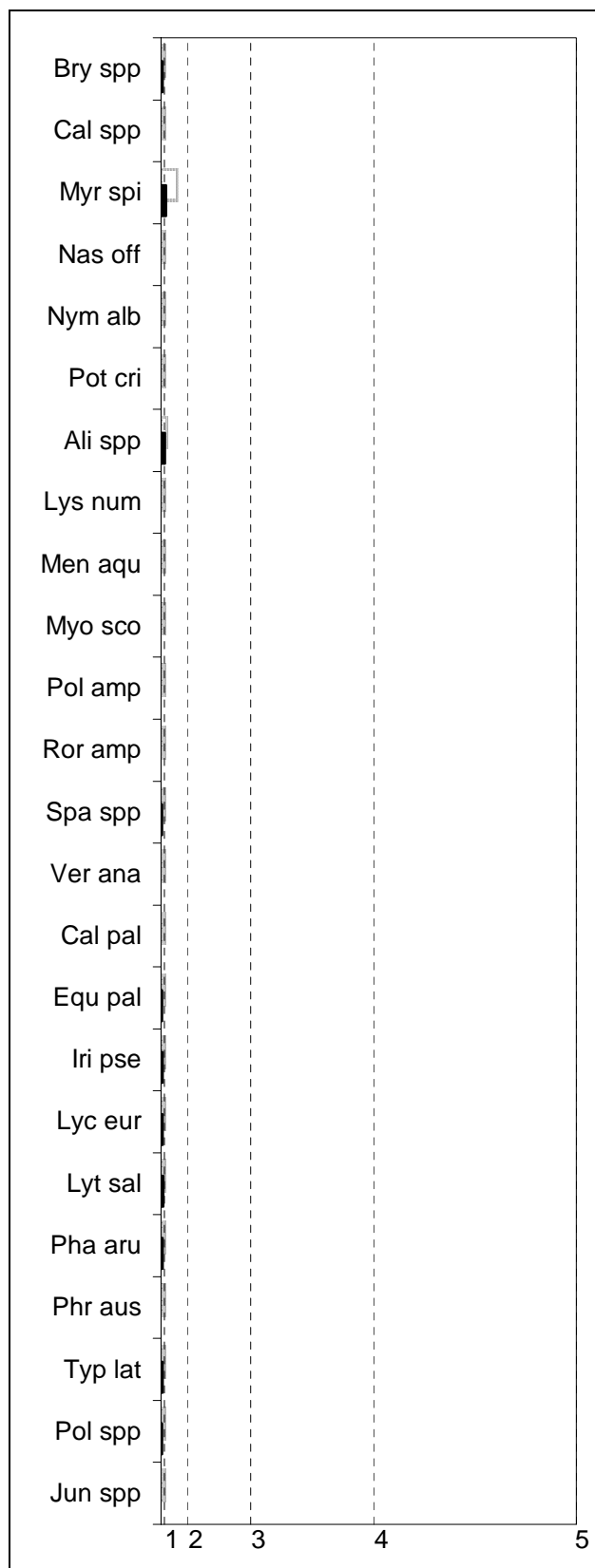
Vzdolž celotnega vodotoka se bolj ali manj pogosto pojavljajo taksoni: *Alisma* sp., *Lythrum salicaria*, *Phalaris arundinacea*, *Typha latifolia*. Na prvem odseku je glede na cel vodotok prisotna največja pestrost rastlin (13 vrst). Vrsti *Nasturtium officinale* in *Caltha palustris* se pojavita samo tukaj medtem, ko se vrsta *Lysimachia nummularia* pojavi še na drugem odseku, vrsta *Veronica anagallis-aquatica* pa na dvanajstem. Do sedmega odseka globina ne presega enega metra (od 10cm do 1m). Na tem delu vodotoka so prisotni taksoni: mah, *Sparganium* sp., *Myosotis scorpioides*, *Polygonum* sp., *Juncus alpino-articulatus*, ki se kasneje vzdolž vodotoka ne pojavljajo ali pa se pojavijo samo mestoma. Obrežje je zaraščeno z večjimi ali manjšimi prekinitvami. Od osmega odseka dalje so na dnu prisotne trdno zasidrane skale med katerimi je nabran droben anorganski material in detrit, globina pa naraste tudi do 2m. V tem delu vodotoka je pogosta vrsta *Myriophyllum spicatum*, ki se razrašča ob ugodnih svetlobnih razmerah. V tem delu vodotoka (8. odsek) sta prisotni tudi vrsti *Rorippa amphibia*, ki se pojavi le še na zadnjem odseku vodotoka in *Phragmites australis*, ki je prisoten na 9. in 10. odseku. Od 11. odseka naprej, obrežje ob povečani globini vodotoka v pretežni meri zaraščča gozd. Zraven pionirskih vrst (jelša, vrba,...), so na obrežju tudi starejša drevesa (hrast, jesen) katerih krošnje se stikajo, stare veje in debla pa so zasidrana v dno. Pravih vodnih rastlin ni, ker je struga preveč zasenčena, voda je kalna, mestoma pregloboka. Močvirske vrste se pojavljajo ob prekinitvah drevesne in grmovne vegetacije. Vrsta *Myriophyllum spicatum* se pojavi tik pred koncem 11. odseka. Na podobno osončeni legi se pojavi vrsta *Nymphaea alba* samo na 12. odseku. Vrsta *Iris pseudocorus* je pogosta med 4. in 12. odsekom. Vrsta *Polygonum amphibium* pa se pojavi samo na zadnjem odseku pred sotočjem z reko Pivko.



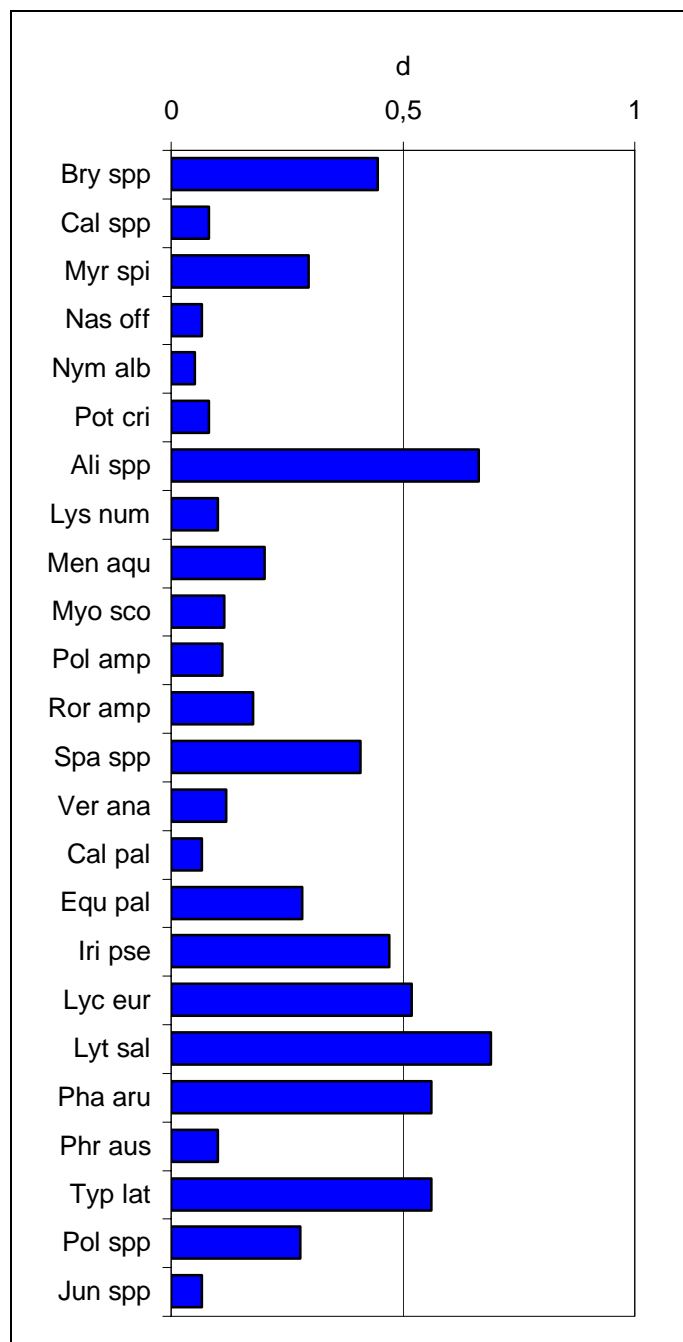
Slika 19: Razporeditev in pogostost posameznih taksonov makrofitov v Nanoščici v letu 2005



Slika 20: : Relativna rastlinska masa posameznih taksonov makrofitov v Nanoščici v letu 2005



Slika 21: Povprečni masni indeks za posamezne taksonne makrofitov v Nanoščici v letu 2005; črne oznake-MMT, bele oznake-MMO



Slika 22: Razmerje povprečnih masnih indeksov MMT in MMO v Nanoščici v letu 2005; $d=0,5$ pomeni, da je bil takson prisoten v polovici dolžine pregledane struge, $d=1$ pomeni, da je bil takson prisoten v celotni dolžini pregledane struge.

5.4 ŠIRŠA OKOLJSKA OCENA VODOTOKOV

Stanje določenega vodotoka je odvisno od dejavnosti v zaledju, razvitosti obrežnega pasu in značilnosti struge (Petersen, 1992), saj rečnega ekosistema ne predstavlja le struga z vodo, ki teče v njej, pač pa je vanj vključen tudi obrežni pas (Wetzel, 2001). Na podlagi poznavanja omenjenih dejavnikov torej lahko sklepamo na razmere v vodotoku. Namen naših raziskav je bil tako ocena lastnosti rečnega ekosistema, na osnovi katerih bi lahko sklepali na kvaliteto vode same. V primerjavi s fizikalnimi, kemijskimi in biološkimi metodami je to preprost pristop, ki omogoča hitro oceno obstoječega stanja (Germ & sod, 2000). Za ovrednotenje smo uporabili prirejeno RCE metodo (Petersen, 1992; Germ-Jogan, 1997; Urbanič & Toman, 2003), narejeno za manjše nižinske vodotoke na kmetijskih območjih.

Od neokrnjenosti rečnega ekosistema pa je odvisna tudi ranljivost vodotoka. Vsaka sprememba in dejavnost v zaledju vodotoka in v njegovih pritokih ima vpliv na celotno združbo organizmov in seveda na kvaliteto vode. Čimbolj celovit je rečni ekosistem, tem manjši so različni vplivi na vodotok. Dobro razvit obrežni pas predstavlja učinkovit filter, ki vplive ublaži. Če so v neposrednem zaledju vodotoka kmetijske površine, je razumljivo, da gnojila iz polj slej kot prej dosežejo vodo. Če je tudi obrežni pas uničen, je proces še hitrejši, ker ni filtra, ki bi zadrževal pritekanje hranil, organskih snovi in celo bakterij. Tudi naselja z industrijo vplivajo na poslabšanje razmer v vodi, saj se večina komunalnih in industrijskih odpadkov steka v vodo brez predhodnega čiščenja. Posledice industrije za vodotok pa so specifične glede na naravo obremenitve vode. Vse to so dejavniki, ki vplivajo na stanje reke in so opisani s širšo ekološko oceno.

5.4.1 Širša okoljska ocena Pivke

Pivko na osnovi širše okoljske ocene ne moremo izrazito uvrstiti v noben kakovostni razred, saj se pregledani odseki uvrščajo v zelo različne razrede. Povprečje seštevka točk na vseh odsekih reke Pivke znaša 127 točk.

Prvi trije odseki spadajo v peti kakovostni razred in so z 44 točkami najnižje ovrednoteni v celem vodotoku. Struga je kanalizirana, obdana z obdelovalnimi površinami in travniki. Dno struge je iz rahlo sprijetega peska in mulja, zadrževalnih struktur je malo. Breg je slabo utrjen iz rahle prsti ali peska, mestoma je spodjeden. Voda v strugi je bila stoječa, na nekaterih mestih pa struga popolnoma presahne. Več vode je v pomladanskem in jesenskem času, ko ob deževjih prihaja tudi do poplavljanja. Obrežje prvih treh odsekov zarašča 1 do 5 m širok pas trav, ter posamezne pionirske vrste dreves in grmovja, ki so proti tretjemu odseku vse bolj zvezne.

Zaledje od četrtega odseka naprej predstavljajo gozdovi in polnaravna območja. Širina obrežnega pasu, ki naraste na 5 do 30 m, spodjedanje brega, ki je opazno le še na zavojih in lahkogiblivo kamnito dno z malo mulja so pglavitni razlog, da je četrti odsek uvrščen v četrti kakovostni razred.

Naslednji trije odseki (5-7) spadajo v tretji kakovostni razred. Širina obrežnega pasu ponekod presega 30 m, vegetacijo pa sestavljajo pionirske vrste dreves in grmovja, le v sedmem odseku so vrste pretežno nepionirske. Struga je v tem delu vodotoka povsem presahnila medtem, ko ob pomladanskih in jesenskih deževjih poplavlja že ob zmernih količinah vode. Breg je trden in delno utrjen s koreninami grmovja, dreves in trav, spodjedanja praktično ni ali pa je omejeno na območja kjer so korenine dreves. Sediment je iz skal ter predvsem peska in mulja, zadrževalne strukture niso močno zasidrane. Dno na petem odseku najbolj odstopa med vsemi v celotnem vodotoku. Je kamnito, sestavljeno iz delcev različnih velikosti med katerimi so veliki intersticielni prostori.

Osmi odsek spada v drugi kakovostni razred. Razlog za to je v zadrževalnih strukturah v strugi in strukturi rečnega brega, ki je stabilen, kamnit ali čvrsto utrjen s koreninami trav, grmovja ali dreves. Tako breg kot zaledje predstavlja gozd, prekinitev je malo. Struga je široka 30 do 40 m, dno je kombinacija kamenja in drobnega sedimenta in je poraslo s travo.





Deveti odsek obdajajo obdelovalne površine, prekinitve obrežnega pasu, ki ga sestavljajo nepionirske vrste pa so pogoste. Na mestih, kjer nabrežje ni utrjeno s kamni, je spodjedanje brega pogosto. Struga je delno izsušena. Vse to uvršča deveti odsek v četrti kakovostni razred.

Od desetega naprej, pa vse do sedemnajstega se odseki uvrščajo v tretji kakovostni razred, le šestnajsti odsek spada v drugega. Zaledje predstavljajo gozdovi in polnaravna območja. Zaledje je tako kot breg obrastlo s pionirskimi in od 14. do 17. odseka z nepionirskimi vrstami. Prekinitiv razen na 11. in 12. odseku, kjer je širina obrežnega pasu najmanjša (do 5m) praktično ni. Struga je na večih delih prerasčena. Na 10. in 11. odseku, ki potekata skozi urbano območje je struga mestoma presušena, količina vode pa z odseki narašča. Na tem delu vodotoka je več meandrov in tolmunov, brzice pa se pojavljajo samo mestoma (16.odsek). Od 14. odseka do konca vodotoka je poplavljanje bregov redko. V 15. odseku je opaziti komunalni izpust.

Zadnji odsek je uvrščen v četrti kakovostni razred. Kjer breg ni utrjen umetno, ga delno utrjujejo korenine trav, grmovja in dreves. Dno je iz mulja in peska, samo mestoma je kamnito. Detrit predstavljajo grobi in fini organski delci. Zadrževalnih struktur v strugi je malo in niso močno zasidrane. Obrežni pas sestavljajo pionirske vrste dreves in grmovja s prekinitvami vsakih 50 m.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Izraba tal za obrežjem	Širina obrežnega pasu	Sklenjenost veg. V obrežnem pasu	Vegetacija obrežnega pasu	Zadrževalne strukture v strugi	Oblika struge	Sediment v strugi	Struktura rečnega brega	Spodjedanje brega	Izgled kamnitega substrata	Brzice, tolmuni, meandri	Detrit
P1												
P2												
P3												
P4												
P5												
P6												
P7												
P8												
P9												
P10												
P11												
P12												
P13												
P14												
P15												
P16												
P17												
P18												

Legenda:

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

Slika 23: Širša okoljska ocena Pivke

5.4.2 Širša okoljska ocena Nanoščice

Tako kot Pivko tudi Nanoščice ne moremo na osnovi širše okoljske ocene izrazito uvstiti v noben kakovostni razred. Kljub temu lahko ocenimo, da je Nanoščica uvrščena v kakovostni razred višje. Povprečje seštevka točk na vseh odsekih reke Nanoščice znaša 171 točk.

Prvi štirje odseki spadajo v drugi kakovostni razred. Med njimi sta prva dva z 205. točkami najvišje ovrednotena v celem vodotoku. Zaledje struge je poraslo z gozdom. Obrežni pas, ki ga sestavljajo pionirske in nepionirske vrste je širok več kot 30m in praktično brez prekinitiv. V strugi se za skalami in debli odlagajo usedline. Dno sestoji iz proda, peseka in detrita, ki ga tvorijo listje, les in sediment. Tako je na vseh odsekih razen na četrtem kjer drobnega sedimenta ni. Breg je najbolj stabilen na prvem odseku in nekoliko manj na ostalih, oblika struge pa zadošča za največje letne pretoke.





Od petega do desetega spadajo odseki v tretji kakovostni razred. Zaledje predstavljajo travniki in gozdovi, nekaj je tudi obdelovalnih površin. Le teh je več od 7. do 10. odseka, kjer se pojavljajo tudi posamezne hiše. Od 8. odseka pa vse do sotočja s Pivko so pogosta mokrišča. Obrežni pas pionirskih in na 6. odseku nepionirskih vrst dreves in grmov ne presega širine 30m. Prekinitve le tega so od 5. do 7. odseka redke, na 5. odseku samo štiri, na 6. odseku jih praktično ni medtem, ko se od 8. do 10. odseka pojavljajo vsakih 50m. Sediment od 5. do 7. odseka predstavlja droben anorganski material in detrit. Muljaste naplavine so pogoste vse do 7. odseka kjer je mulja malo, usedline pa ob detritu vse bolj predstavlja kamenje. Na 5. in 6. odseku detrit tvori fin anaeroben sediment, na 7. odseku prevladujeta listje in les, do 10. odseka pa se pojavlja še droben organski material. Lahkogiblivo kamnito dno z malo mulja prevladuje do sotočja s Pivko. Bregovi vseh šestih odsekov z izjemo 7. so trdni ter dodatno utrjeni s koreninami. Spodjedanje je opaziti na večjih mestih. Tolmuni in brzice so najbolj prisotni na 7. odseku, na ostalih jih je nekoliko manj.

11. in 12. odsek sta z 190 in 180 točkami uvrščena v drugi kakovostni razred. Na obrežju 11. odseka so zraven pionirskih vrst prisotni še stari hrasti in jesen. Sediment predstavljajo večji kamni zasidrani v mulj. Voda je kalna in globoka, zato pravih vodnih rastlin, razen vrste *Myriophyllum spicatum*, ki se pojavi 200 m pred 13. odsekom praktično ni. Zaradi zasenčenosti struge se rastline (pretežno močvirske), pojavljajo le ob redkih prekinitvah drevesne in grmovne vegetacije.

Zadnji trije odseki se zopet uvrstijo v tretji kakovostni razred. Z izjemo zadnjega odseka na nabrežju prevladujejo pionirske vrste, hrasta je bistveno manj. Krošnje dreves nad nabrežjem se na večjih mestih stikajo. Obrežni pas, širok do 30m obdajajo travniki, obdelovalne površine in gozd, veliko je tudi mokrišč. Na 13. in 14. odseku so zadrževalne strukture rahlo zasidrane, detrit predstavljajo grobi in fini organski delci pomešani s sedimentom. Na 15. odseku so skale in debela zasidrana močnejše tako, da se za njimi nabira mulj, detrit pa predstavlja fin anaeroben sediment brez grobih delcev.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Izraba tal za obrežjem	Širina obrežnega pasu	Sklenjenost veg. v obrežnem pasu	Vegetacija obrežnega pasu	Zadrževalne strukture v strugi	Oblika struge	Sediment v strugi	Struktura rečnega brega	Spodjedanje brega	Izgled kamnitega substrata	Brzice, tolmuni, meandri	Detrit
N1												
N2												
N3												
N4												
N5												
N6												
N7												
N8												
N9												
N10												
N11												
N12												
N13												
N14												
N15												

Legenda:

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

Slika 24: Širša okoljska ocena Nanoščice

6 RAZPRAVA

6.1 ZNAČILNOSTI VODOTOKOV

Zaradi presahlosti na prvih desetih odsekih reke Pivke, vodnega toka ni bilo mogoče zaznati. Od enajstega odseka pa vse do konca vodotoka je količina vode počasi naraščala, hitrost vodnega toka pa večinoma ni presegala 30 cm/s. V Nanoščici so bile vodne razmere ugodnejše, saj struga ni presahnila v nobenem delu. Z izjemo sedmega odseka, kjer vodnega toka ni bilo mogoče zaznati, je na ostalih odsekih dosegal 30 cm/s. V 5. in 15. odseku je na brzicah dosegal tudi 100 cm/s.

Meritve temperature proti koncu meseca avgusta so pokazale, da se ta ne spreminja bistveno niti med vodotoki niti znotraj samega vodotoka, če je le tok prisoten. V Nanoščici je bila na 1. VM (V8) sicer z 21,5 °C temperatura najvišja, vendar je razlog za to plitka in osončena struga. Na 2. VM (V7) je temperatura padla na 15,3 °C in se potem počasi dvigala vse do 16,3 °C na 4. VM (V5). V Pivki ni bilo opaziti trenda naraščanja. Od vseh štirih vzorčnih mest je bil tok prisoten samo na četrtem vzorčnem mestu. Na 1. VM (V1) je temperatura znašala 14,0 °C, na 2. VM (V2) pa se je dvignila na 15,2 °C, k čemur je pripomogla kalnost vode v tolmunu in osončenost struge. Na 3. VM (V3) je bila zaradi zasenčenosti temperatura z 13,2 °C najnižja na celem vodotoku. Tik pred sotočjem z Nanoščico se je na 4. VM (V4), temperatura dvignila na 15,0 °C.

V vodah je pH odvisen od geološke podlage, po kateri voda teče, od sestave sedimentov in puferske kapacitete ter aktivnosti organizmov. V reki Pivki je v avgustovskih meritvah leta 2006 opazen trend naraščanja vrednosti pH po toku navzdol, medtem ko se v meritvah leto prej vrednosti spreminjajo. Na reki Nanoščici je trend pri obeh meritvah ravno obraten. Po toku navzdol (od V8 proti V5) je zaznaven trend upadanja vrednosti pH. Najvišja vrednost je bila izmerjena v Nanoščici septembra 2005 na vzorčnem mestu V8 (pH 8,3), najnižja pa na reki Pivki leto prej (pH 7,2).

Sicer pa se pH lokalno lahko zelo spreminja, saj je tako kot kisik v vodi precej odvisen od fotosintezne aktivnosti makrofitov. Gosti sestoji vodnih rastlin lahko podnevi povzročijo hipersaturacijo s kisikom in posledično visok pH, ponoči pa se pH in količina raztopljenega kisika znižata (Hynes, 1970).

Meritve raztopljenega kisika v vodi nam dajo koristen podatek na podlagi katerega lahko sklepamo o bioloških in biokemijskih procesih, ki potekajo v vodi. Koncentracija kisika v vodi se spreminja v odvisnosti od temperature in zračnega tlaka, slanosti, turbulence, fotosintezne aktivnosti primarnih proizvajalcev in respiratorne aktivnosti živiljenjske združbe (Wetzel & Likens, 1995). Pri višjih temperaturah je topnost kisika zmanjšana, turbulenten vodni tok pa povzroča večjo nasičenost s kisikom. Najvišja vsebnost (12,0 mg/l) in nasičenost (144 %) s kisikom je izmerjena na 1. VM (V8) Nanoščice z hitro tekočo in bistro vodo. Na 1. VM (V1) in 2. VM (V2) Pivke je kljub ugodnim svetlobnim razmeram vsebnost in nasičenost s kisikom najnižja; 3,7 mg/l in 38 % pri V1 ter 3,4 mg/l

in 34 % pri V2. Razlog za to lahko najdemo v nizkem vodostaju, saj je bila struga praktično presušena. V manjših lužah s kalno vodo je bila zaradi organskega drobirja verjetno povečana mikrobna dejavnost.

Za zelo zasenčene vodotoke so značilna velika dnevna njihanja v količini raztopljenega O₂, CO₂, temperature in pH (Wilcock & sod., 1998).

Še ena od posledic človekovega vpliva na vodotoke je povečana električna prevodnost. Večja kot je obremenjenost vodotoka s hranili, več je nabitih delcev v vodi in s tem posledično narašča električna prevodnost. V večini celinskih voda je prevodnost med 10 in 1000 µS/cm. Vrednosti so običajno najvišje jeseni, ko prihaja do razgradnje odpadlega listja, izgradnja pa je zaradi nizkih temperatur in nizke intenzitete svetlobe razmeroma nizka (Urbanič & Toman, 2003). Velika razlika med vzorčnimi mesti je bila opazna v vodotoku reke Pivke (13.sep.06), kjer so zaradi manjše količine vode nastale luže (vzorčna mesta V1, V2 in V3), le na vzorčnem mestu V4 je bila voda tekoča. V Nanoščici takšnih nihanj ni bilo opaziti. Na vseh vzorčnih mestih je bila voda tekoča, povečana vrednost pa je bila izmerjena le na vzorčnih mestih V8 in V7 (13.sep.06), glede na prejšnje leto. V letu prvih meritev je bilo v obeh vodotokih več vode. Najnižja (278 µS/cm) in najvišja (1399 µS/cm) električna prevodnost je bila izmerjena na vzorčnem mestu V3 v Pivki v dveh zaporednih letih.

Povečane koncentracije dušika in fosforja so indikator za kmetijsko rabo zaledja vodotoka. V neonesnaženih vodotokih nitrati običajno ne presegajo vrednosti 1 mg/l, koncentracije nad to mejo so posledica spiranja gnojnih kmetijskih površin (Urbanič & Toman, 2003). Najnižje vrednosti so bile izmerjene na vzorčnem mestu V1 (0,8 mg/l), kjer je voda stoječa, struga pa porasla. Najvišje pa prav tako na reki Pivki na vzorčnem mestu V4 (7,7 mg/l). Brez vpliva gnojnih kmetijskih površin bi bil trend ravno obraten. V podzemlju namreč ni svetlobe in zato tudi ni avtotrofov, ki bi iz vode jemali nitrate. Od izvira dolvodno pa rastline črpajo nitrate ter jih vgrajujejo v svojo biomaso (Wetzel, 1975). Fosfor se v vodi redko pojavlja v višjih koncentracijah, ker ga takoj aktivno privzemajo primarni producenti. V neobremenjenih vodotokih vrednosti ne presegajo 0,1 mg/l. V vodotokih, ki tečejo skozi kmetijska območja, se vrednosti povišajo na 0,25 mg/l, povišanje pa povzročijo komunalne in industrijske odpadne vode (Urbanič & Toman, 2003). Razen na vzorčnem mestu V1 (v neposredni bližini komunalnega izpusta) v reki Pivki, kjer je bila izmerjena tako najvišja kot najnižja vrednost (0,99 mg/l in 0,01 mg/l), je opazen trend naraščanja koncentracije po vodotoku navzdol. V Nanoščici je trend ravno obraten. Od vzorčnega mesta V8 proti V5 koncentracija ortofosfatnih ionov upada. Zaledje Nanoščice je manj poseljeno, medtem, ko je kmetijskih obdelovalnih površin v zaledjih obeh vodotokov približno enako.

6.2 MAKROFITI

6.2.1 Vrstna sestava in pojavljanje makrofitov

Na obeh vodotokih smo na skupno 33 odsekih popisali samo 28 taksonov. Od tega 24 vrst in 3 rodove (vrst nismo določili zaradi odsotnosti generativnih organov) višjih rastlin, ter mah. Zaradi presihajoče narave kraških vodotokov je bilo pričakovano največ helofitov (15) in amfibijskih rastlin (6). Med pravimi vodnimi rastlinami, je bilo največ potopljenih ukoreninjenih (6), plavajoča pa je bila samo 1 vrsta.

Najpogostejša vrsta v reki Pivki je močvirska vrsta *Phalaris arundinacea*, ki se je edina pojavljala vzdolž celega vodotoka. Na osončenih delih, kjer je struga presihala je preraščala strugo in njene bregove. Zelo pogosti sta bili tudi močvirska vrsta *Lythrum salicaria* in amfibijska vrsta *Polygonum amphibium*, proti koncu vodotoka pa tudi helofita *Lycopus europaeus* in *Typha latifolia*. Na več kot polovici odsekov sta se pojavljali samo še dve vrsti; mahovi, ki so tolerantni na nizke intenzitete svetlobe ter so pogosto edini makrofiti v zasenečenih delih vodotokov (Boulton & Brock, 1999) in amfibijska vrsta *Alisma plantago-aquatica*, ki se navadno pojavlja v obrobni in plitvejših delih struge s stoječo vodo ter muljastim dnom (Haslam, 1987). V odsekih s stoječo ali počasi tekočo vodo so se od pravih vodnih rastlin pojavljali samo trije taksoni: *Myriophyllum spicatum*, *Ranunculus trichophyllus*, *Callitriche* sp.. Za vrsto *Myriophyllum spicatum* je značilno, da najbolje uspeva v karbonatnih, počasi tekočih (Preston, 1995) in eutrofnih vodah (Papastergiadou & Babalonas, 1993). Pojavljala se je v kalni vodi v drugi polovici vodotoka, na mestih z ugodnimi svetlobnimi razmerami. Vrsta *Ranunculus trichophyllus* velja za ekološko občutljivo (netolerantno) vrsto, ki uspeva v čistih vodotokih. V reki Pivki se je pojavila samo v začetnem delu vodotoka. Najugodnejše pogoje zanjo (kot tudi za večino drugih potopljenih rastlin) predstavlja vsaj 0,5 m globoka voda (Nichols & Shaw, 1986), srednje hiter vodni tok in dno z drobnim sedimentom. Močvirska vrsta *Mentha aquatica* je poseljevala obrobne dele struge, oziroma nabrežja v večini odsekov vzdolž vodotoka. Za močvirski rod *Sparganium* sp. je tako kot za vrsto *Myriophyllum spicatum* značilno, da je uspešna tudi v vodotokih, ki so zelo bogati s hranili. Pojavljala se je na obrobni delih struge v drugi polovici vodotoka. Vrsta *Veronica anagallis-aquatica* velja za pokazatelja mezo - do eutrofne stanja (Carbiener & sod., 1990). Pojavljala se je na prvih 4 odsekih vodotoka. Medtem, ko se je močvirska vrsta *Iris pseudacorus*, ki uspeva prav tako v habitatih srednje bogatih in bogatih s hranili pojavljala enakomerno v drugi polovici vodotoka. Močvirska vrsta *Equisetum palustre*, ki je značilna za habitate z nizko vsebnostjo hranil, se je pojavljala samo v 1. in 10. odseku.

V Nanoščici se noben od popisanih taksonov ni pojavljal v vseh odsekih. Eden od večjih vzrokov za slabo uspevanje makrofitov so zagotovo slabe svetlobne razmere (bujna lesnata vegetacija obrežnega pasu), kalnost vode in globina. V reki Nanoščici je z največjo rastlinsko maso (RPM) prevladovala prava vodna vrsta *Myriophyllum spicatum*. Uspevala je v osončenih delih struge, med 8. in 12. odsekom, v počasi tekoči vodi. Po pogostosti sta prednjačili močvirska vrsta *Lythrum salicaria* in amfibijska *Alisma plantago-aquatica*. V zgornjem delu vodotoka se je v z gozdom osončeni strugi, na skalah zasidranih v mehko

podlago razraščal mah. Pojavil se samo še na kamnitem substratu zadnjega odseka, kjer se Nanoščica izliva v Pivko. Na več kot polovici odsekov so se ob vrstah *Alisma plantago-aquatica* in *Lythrum salicaria* pojavljale še močvirske vrste *Typha latifolia*, *Lycopus europaeus* in *Phalaris arundinacea*. Vrsta *Lycopus europaeus* je tako kot *Lythrum salicaria* preraščala nabrežje vzdolž struge tudi na mestih z manj ugodnimi svetlobnimi razmerami, medtem, ko se je vrsta *Phalaris arundinacea* pojavljala na bolj osončenih delih nabrežja. Prava vodna rastlina *Potamogeton crispus*, ki ji sicer najbolj ustrezajo droben substrat, tekoča voda, globja od 0,5 m in nižje temperature, se je pojavila samo v 5. odseku. Vrsta *Nasturtium officinale*, je uspevala samo v 1. odseku vodotoka, v 12. odseku pa je v stoječi vodi uspevala vrsta *Nymphaea alba*. V prvih petih ter v 8. in 13. odseku je v obrobni delih struge z upočasnjanim vodnim tokom uspeval močvirski rod *Sparganium* sp.. V obrobni delih struge so se pojavljale še: *Mentha aquatica*, *Myosotis scorpioides*, *Veronica anagallis-aquatica*, *Caltha palustris*. Močvirsko vrsto *Equisetum palustre*, ki je indikator čistega okolja, smo našli v 1., 2., 8., 10. in 11. odseku.

6.2.2 Makrofiti in kakovost vode

Kakovost vode lahko ocenjujemo na podlagi fizikalnih in kemijskih analiz, ki odražajo trenutno stanje vodotoka, ali pa bioloških metod, ki odražajo delovanje večjih onesnaževalcev in drugih okoljskih dejavnikov hkrati in to skozi daljše časovno obdobje. Življenjska združba, ki potrebuje dalj časa, da se uveljavi, je dober kazalec dolgoročnih sprememb (Germ & sod., 2000). Za oceno kakovosti vode v rekah navadno služijo vrste bentoških nevretenčarjev. Vodni makrofiti so v tovrstne raziskave redkeje vključeni. Na podlagi različnih vzorcev razporeditve vodnih makrofitov lahko določimo indikatorsko vrednost posamezne vrste glede na stopnjo organskega onesnaženja (Gaberšček, 1997).

Glede na seznam rastlin, značilnih za habitate z določeno količino hranil (Haslam, 1987) vidimo, da v Pivki prevladujejo taksoni, ki so značilni za habitate srednje bogate in bogate s hranili (*Alisma plantago-aquatica*, *Bryophyta*, *Iris pseudacorus*, *Mentha aquatica*, *Myosotis scorpioides*, *Polygonum amphibium*, *Rorippa amphibia*, *Veronica anagallis-aquatica*, *Caltha palustris*, *Lysimachia vulgaris*, *Lythrum salicaria*, *Callitriche* sp., *Phalaris arundinacea*,...). V Pivki sta uspevala tudi taksona, ki sta značilna za vodotoke zelo bogate s hranili (*Myriophyllum spicatum* in *Sparganium* sp.). Vrsti *Equisetum palustre* in *Ranunculus trichophyllus*, ki sta značilni za habitate z nizko vsebnostjo hranil, pa sta uspevali samo na začetku vodotoka.

V Nanoščici so prav tako prevladovali taksoni značilni za habitate srednje bogate in bogate s hranili (*Alisma plantago-aquatica*, *Bryophyta*, *Mentha aquatica*, *Myosotis scorpioides*, *Polygonum amphibium*, *Rorippa amphibia*, *Veronica anagallis-aquatica*, *Iris pseudacorus*, *Lycopus europaeus*, *Lysimachia nummularia*, *Lythrum salicaria*, *Phalaris arundinacea*, *Callitriche* sp....). Med taksoni značilnimi za vodotoke zelo bogate s hranili, sta se rod *Sparganium* sp. in vrsta *Myriophyllum spicatum* pojavljala pogosteje medtem, ko se je vrsta *Potamogeton crispus* pojavila samo na enem odseku. Vrsta *Equisetum palustre*, ki je značilna za manj obremenjene habitate se je pojavila samo mestoma vzdolž vodotoka.

6.3 ŠIRŠA OKOLJSKA OCENA

RCE metoda ni prilagojena za kraške vodotoke, kjer prihaja do presihanja, oziroma za odseke s stoječo vodo. V tem primeru smo se pri ocenjevanju pojavljanja brzic, tolmunov in meandrov odločali za ovrednotenje takšnih odsekov z eno točko. Tako se zgodi, da je lahko isti vodotok (oz. odsek) v različnih obdobjih uvrščen v različne kakovostne kategorije. RCE metoda tudi ni prilagojena vsakoletnemu poplavljanju vodotokov, posledica česar sta povečana količina sedimenta v strugah in erozija rečnih bregov. Slednja lahko vpliva tudi na manjšo strnjjenost vegetacije obrežnega pasu. Te spremembe, ki so posledica naravnega delovanja po obstoječi metodi obravnavamo kot degradacijo. Kljub nižjim ocenam pa ne moremo govoriti o slabšem okoljskem stanju!

Pivke in Nanoščice na osnovi RCE ne moremo izrazito uvrstiti v noben kakovostni razred, saj se pregledani odseki uvrščajo v zelo različne razrede. Največja razlika se je pri obeh vodotokih kazala na začetnih odsekih, saj so se v Pivki prvi štirje odseki uvrščali v najnižji kakovostni razred, v Nanoščici pa v drugega. Odseki spodnjih delov obeh vodotokov so se na podlagi obstoječe RCE metode uvrščali pretežno v tretji kakovostni razred.

Začetni odseki Pivke so se uvrstili v najnižji kakovostni razred zaradi obrežja zaraščenega z ozkim pasom trav, ter posameznimi pionirskimi vrstami dreves in grmov, ki so proti tretjemu odseku vse bolj zvezni. Kanalizirana struga je obdana z obdelovalnimi površinami in travniki. Dno struge je iz rahlo sprejetega peska in mulja z redkimi zadrževalnimi strukturami. Breg je slabo utrjen iz rahle prsti ali peska, mestoma je spodjeden. Voda v strugi je bila stoječa, na nekaterih mestih pa struga popolnoma presahne. Več vode je v pomladanskem in jesenskem času, ko ob deževjih prihaja tudi do poplavljanja. Od 4. odseka dalje se stanje bistveno izboljša. Zaledje predstavljajo gozdovi in polnaravna območja. V razširjenem obrežnem pasu uspevajo pionirske in nepionirske vrste, spodjedanje brega je manj pogosto, več je zadrževalnih struktur, sediment je večinoma iz skal peska in mulja. Od 14. odseka do konca vodotoka je poplavljanje bregov redko.

Prvi štirje odseki v Nanoščici se uvrščajo v drugi kakovostni razred predvsem zaradi zaledja poraslega z gozdom, sklenjenosti vegetacije (pionirske in nepionirske vrste) obrežnega pasu, katerega širina presega 30 m in zgradbe struge, ki zadošča za letne visoke vode. Dno sestoji iz proda, peseka in detrita, ki ga tvorijo listje, les in sediment. Tako je na vseh odsekih razen na četrtem kjer ni drobnega sedimenta. Od 5. odseka dalje pa vse do konca vodotoka se Nanoščica uvršča pretežno v tretji kakovostni razred. Zaledje predstavljajo travniki in gozdovi, nekaj je tudi obdelovalnih površin. V obrežnem pasu katerega širina ne presega 30 m se prekinitve v vegetaciji pojavljajo v intervalih večjih od 50 m, razen v 6., 7. in zadnjih petih odsekih, kjer je vegetacija sklenjena. V 6. in 7. odseku je osenčenost struge vzrok za manjšo pestrost in abundanco rastlinskih taksonov. Sediment v strugi predstavljajo skale, prodniki ter mulj, poplavljanje bregov je redko. Zamuljenost nižjih delov vodotokov se obravnava kot spremenjeno in zato nižje ovrednoteno stanje, čeprav je tak substrat značilen za nižinske vodotoke (Dobson & Frid, 1998).

7 SKLEPI

Pivka in Nanoščica sta porastli z makrofiti od izvira do izliva. Manjšo pestrost in pogostost rastlinskih taksonov lahko pripišemo slabšim svetlobnim razmeram in povečani kalnosti vode, saj kljub počasnemu vodnemu toku in stoječi vodi, ter drobnemu substratu ni bila omogočena uspešna rast makrofitov.

Vodotoka sta si po pestrosti rastlinskih taksonov podobna, saj se je v Pivki (19,7 km) pojavilo 21, v Nanoščici (19 km) pa 24 različnih rastlinskih taksonov.

V Pivki sta glavna vzroka za nizko pestrost rastlinskih taksonov osenčenost in mestoma preraščena ozka struga v kateri ni bilo optimalnih razmer za uspevanje makrofitov. Na mestih kjer je vodotok Pivka presihal ni bila mogoča rast pravih vodnih rastlin in spremljanje njihovih sprememb po vodotoku navzdol. Prevladovali so močvirski in amfibijski taksoni, značilni za habitate srednje bogate in bogate s hranili.

V Nanoščici kljub nepresahli strugi, ni bilo opazne razlike v pestrosti rastlinskih taksonov, saj je bila struga v večjem delu osenčena z obilnim obrežnim rastjem. Mestoma je uspevanje rastlin omejevala tudi globoka in kalna voda. Tako kot v Pivki so tudi v Nanoščici prevladovali močvirski in amfibijski taksoni, značilni za habitate srednje bogate in bogate s hranili.

Najboljše razmere za uspevanje so bile v neosenčenih odsekih z dovolj široko strugo, umirjenim tokom oz. stoječo vodo, ter drobnim sedimentom.

Nihanja koncentracij nitratnih in ortofosfatnih ionov so bila večja v Pivki medtem, ko so bila nihanja koncentracij v Nanoščici, kjer je vodotok brez prekinitev znatno manjša. Pri merjenju električne prevodnosti je bilo stanje podobno. V Nanoščici je opazen trend nižanja električne prevodnosti po toku navzdol. Vrednosti pH so se v meritvah septembra 2005 gibale med 7,9 in 8,3, avgusta 2006 pa med 7,2 in 8,1. V Nanoščici je bil opazen trend upadanja vsebnosti in nasičenosti s kisikom po toku navzdol, v Pivki pa sta bili večji vrednosti izmerjeni na drugih dveh vzorčnih mestih.

V času vzorčenja je bila kakovost vode v Pivki glede na merjene parametre slabša kot v Nanoščici.

8 POVZETEK

Makrofiti so pomemben sestavni del rečnih ekosistemov in so občutljiv indikator kakovosti vode in rečnega okolja. So kopenskega izvora in so se v vodo preselili. Na vrstno sestavo, pojavljanje in pogostost makrofitov vplivajo mnogi dejavniki. Najpomembnejši med njimi so svetloba, hitrost vodnega toka, tip substrata, količina hranil, vsebnost suspendiranih delcev v vodi,...

V nalogi smo želeli ugotoviti, kakšno je pojavljanje, pogostost in razporeditev makrofitov v dveh kraških vodotokih: Pivki in Nanoščici. Ugotavljali smo tudi stanje širšega vodnega okolja ter nekatere fizikalne in kemijske parametre vodotokov.

V letu 2005 smo v poletnih mesecih v 18 odsekih Pivke (19,7 km) in 15 odsekih Nanoščice (19 km) popisovali prisotnost in pogostost makrofitov. S pomočjo RCE metode smo vzporedno določili še širšo okoljsko oceno vodotokov. Ob koncu avgusta 2005 in v začetku septembra 2006 smo na skupno 8 vzorčnih mestih Pivke in Nanoščice (4VM na vsakem vodotoku) izvedli nekatere fizikalne meritve in vzeli vzorce vode za kemijsko analizo.

V obeh vodotokih smo skupno popisali samo 28 različnih taksonov. V Pivki se jih je pojavilo 21 in v Nanoščici 24. Glede na presihajočo naravo kraških vodotokov smo skladno s pričakovanji popisali največ helofitov (15) in amfibijskih rastlin (6), pravih vodnih rastlin, ki na presihanje niso prilagojene pa 7. V Nanoščici, ki je imela boljše vodne razmere, je največjo relativno rastlinsko maso dosegala prava vodna rastlina *Myriophyllum spicatum*, v Pivki pa helofiti in amfibijske vrste, ki so tudi sicer v obeh vodotokih prednjačili po pogostosti. Na večjo pestrost in pogostost makrofitov so vplivali predvsem osvetljenost vodne površine, širina struge, droben sediment ter počasnejši ali nezaznaven vodni tok.

Upoštevajoč seznam vrst, značilnih za habitate z določeno količino hranil vidimo, da je večina vrst, ki uspeva v vodotokih, značilna za habitate srednje bogate in bogate s hranili. V obeh vodotokih smo srečevali tudi vrste, ki so sicer značilne za zelo obremenjene habitate, vendar le te niso prevladovale, temveč uspevale skupaj z ostalimi vrstami. Mnoge vrste imajo namreč široko ekološko amplitudo uspevanja in imajo indikatorsko vrednost šele takrat, ko začnejo izginjati nekatere bolj občutljive vrste.

RCE metoda je narejena za nižinske vodotoke s stalnim vodostajem. Presihanje in poplavljanje kraških vodotokov pa so motnje, ki vodijo v precej spremenjeno stanje. To stanje je po obstoječi metodi obravnavano kot degradirano, čeprav je posledica naravnega delovanja in ne vpliva človeka. Tako kljub nižjim ocenam, pri večini odsekov ne moremo govoriti o slabšem okoljskem stanju.

9 VIRI

Abel P.D., 1996. *Water Pollution Biology*. Second edition. London, Taylor & Francis ltd: 286 str.

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

Baatrup-Pedersen A., Riis T., 1999. Macrophyte diversity and composition in relation to substratum characteristics in regulated and unregulated Danish streams. *Freshwater biology*, 42: 375-385

Baatrup-Pedersen A., Larsen S.E., Riis T., 2003. Composition and richness of macrophyte communities in small Danish streams – influence of environmental factors and weed cutting. *Hydrobiologia*, 495: 171-179

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

Bornette G., Large A.R.G., 1995. Groundwater-surface water ecotones at the upstream part of confluences in former river channels. *Hydrobiologia*, 310: 123-137

Boston H.L., Adams M.S, Madsen J.D., 1989. Photosynthetic strategies and productivity in aquatic systems. *Aquatic botany*, 34, 1-3: 27-57

Boulton A.J., Brock M.A., 1999. *Australian Freshwater Ecology: Processes and Management*. Gleneagles Publishing: 283 str.

Brookes A., 1994. River Channel Change. V: *The River Handbook*. Hydrological and ecological principles. Volume two. Calow P., Peets G.E. (ur.). Oxford, Blackwell Science: 55-75

Crisp D.T., Matthews A.M., Westlake D. F., 1982. The temperatures of nine flowing waters in southern England. *Hydrobiologia*, 89: 193-204

Dale H.M., 1986. Temperature and light: The determining factors in maximum depth distribution of aquatic macrophytes in Ontario, Canada. *Hydrobiologia*, 133: 73-77

Dobson M., Frid C, 1998. *Ecology of Aquatic Systems*. Essex, Longman: 30-55

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

Gaberščik A., 1997. Makrofiti in kvaliteta vode (Aquatic macrophytes and water quality). *Acta biologica Slovenica*, 41, 2-3: 141-148

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

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

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

Germ M., Gaberščik A., Urbanc-Berčič O., 2000. The Wider environmental assessment of river ecosystems. *Acta biologica Slovenica*, 43, 4: 13-19

Germ M., Urbanc-Berčič O., Gaberščik A., Janauer G.A., 2004. Distribution and abundance of macrophytes in River Krka. *Internat. Assoc. Danube Res.*, 35: 433-440

Haslam S.M., 1987. River plants of Western Europe: the macrophytic vegetation of the European Economic Community. Cambridge, Cambridge University Press: 512 str.

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

Jacobsen D., Terneus E., 2001. Aquatic macrophytes in cool aseasonal and seasonal streams: a comparison between Ecuadorian highland and Danish lowland streams. *Aquatic Botany*, 71: 281-295

Kebe J., 1996. Loška dolina z Babnim Poljem. Družina: 614 str.

Kuhar U., Gaberščik A., Germ M., Urbanc-Berčič O., 2004. Macrophytes and ecological status of three streams in the River Drava plain. *Internat. Assoc. Danube Res.*, 35: 441-447

Lah A., 1998. Voda-Vodovje: poglavitni življenjski vir narave in gospodarstva, 63 str.

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

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

Madsen J.D., Adams M.S., 1989. The distribution of submerged aquatic macrophyte biomass in a eutrophic stream, Badfish Creek: the effect of environment. *Hydrobiologia*, 171: 111-119

Madsen J.D., Chambers P.A., James W.F., Koch E.W., Westlake D.F., 2001. The interaction between water movement, sediment dynamics and submersed macrophytes. *Hydrobiologia*, 444: 71-84

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

Madsen T.V., Sand-Jansen K., 1991. Photosynthetic carbon assimilation in aquatic macrophytes. *Aquatic botany*, 41: 1-3

Madsen T.V., Sand-Jensen K., 1994. The interactive effect of light and inorganic carbon on aquatic plant growth. *Plant, Cell and Environment* 17: 955-962

Martinčič A., 1994. Formativno delovanje ekoloških faktorjev. Navodila za vaje. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 3-6

Martinčič A., Wraber t., Jogan N., Podobnik A., Turk B., Vreš B., 1999. Mala flora Slovenije. Ključ za določanje praprotnic in semenk. Tehniška založba Slovenije: 845 str.

Murphy K.J., Rørslett B., Springuel I., 1990. Strategy Analysis of Submerged Lake Macrophyte Communities: an International Example. *Aquatic Botany*, 36: 303-323

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

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

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

Petts G.E., 1994. Rivers: Dynamic Components of Catchment Ecosystems. V: The River Handbook. Hydrological and ecological principles. Volume two. Calow P., Peets G.E. (ur.). Oxford, Blackwell Science: 3-22

Pip E., 1984. Ecogeographical tolerance range variation in aquatic macrophytes. *Hydrobiologia*, 108: 37-48

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

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

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

Sand-Jensen K., Frost-Christensen H. 1999. Plant growth and photosynthesis in the transition zone between land and stream. *Aquatic Botany*, 63: 23-35

Sand-Jensen K., Pedersen O., 1999. Velocity gradients and turbulence around macrophyte stands in streams. *Freshwater Biology*, 42: 315-328

Skoberne P., 2004. Slovenija na dlani: Ljubljanica od izvira do izliva. Mladinska knjiga Založba: 104 str.

Teodorović I., Radulović S., Bloesch J., 2004. Limnological reports vol. 35. Scientific Concepts and Implementation of Sustainable Transboundary River Basin Management. Visio Mundi Academic Press: 507 str.

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

Urbanič G., Toman M.J., 2003. Varstvo celinskih voda, Ljubljana, Študentska založba, 95 str.

Varstvo narave (Nature conservation), VOL. 12., Ljubljana 1979

Vovk-Korže A., Bricelj M., 2004. Vodni svet Slovenije: Priročnik za interdisciplinarno proučevanje voda: 60 str.

Whitton B.A., Boulton P.N.G., Clegg E.M., Gemmill J.J., Graham G.G., Gustar R., Moorhouse T.P., 1998. Long-term changes in macrophytes of British rivers: 1. River Wear. *The science of the Total Environment*, 210/211: 411-426

www.arso.gov.si

<http://eionet-si.arso.gov.si>

www.planina.si

www.rra-nkr.si/doc/rrp.doc

www.zrss.si/dokumenti/zajavnost/EVROPA_SEMINAR-2005.doc

www.smihel.si

www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/publikacije/drugo/vodni_svet.pdf

www.geocities.com/pivkatour/ZEMLJEPIS.html

ZAHVALA

Najlepša hvala mentorici prof. dr. Alenki Gaberščik za pomoč na terenu, koristne nasvete ter ves namenjen čas, prav tako dr. Nini Šraj in Urški Kuhar.

Hvala Dragici Luznar za pomoč v laboratoriju in dobre kavice.

Hvala Sebastijanu, Roku in Marku za pomoč pri urejanju diplomske naloge.

Hvala staršem, ker so mi pred 33 leti vse to omogočili !

In nazadnje hvala sebi, ker sem bil vseskozi zraven!

PRILOGE

Slovenska različica RCE metode (Petersen 1992)

1. Izraba tal za obrežnim pasom (v zaledju struge)

Zaledje poraslo z gozdom in/ali močvirji	30
Mozaik košenih travnikov/pašnikov, gozdov/močvirij ter malo obdelovalnih površin	20
Obdelovalne površine, košeni travniki/pašniki, posamezne hiše	10
Prevladujejo obdelovalne površine ali strnjeno urbano območje (hiše, tovarne)	1

2. Širina obrežnega pasu (od brega vodotoka do polja ali naselja)

Močviren ali z lesnatimi rastlinami porasel pas širok več kot 30 m	30
Močviren ali z lesnatimi rastlinami porasel pas širok od 5 do 30 m	20
Močviren ali z lesnatimi rastlinami porasel pas širok 1 do 5 m	5
Močvirnih ali lesnatih rastlin ni	1

3. Sklenjenost vegetacije v obrežnem pasu

Vegetacija obrežnega pasu brez prekinitev	30
Prekinitve vegetacije se pojavljajo v intervalih večjih od 50 m	20
Prekinitve vegetacije se pojavljajo vsakih 50 m	5
Prekinitve pogoste, vzdolž cele struge/obrežnega pasu ni	1

4. Vegetacija obrežnega pasu 0-10 m od struge

Več kot 90 % poraščeno z nepionirskimi vrstami dreves ali z močvirskimi rastlinami	25
Vegetacijo sestavljajo pionirske vrste dreves in grmov	15
Vegetacijo sestavljajo trave, posamezna drevesa/grmi	5
Vegetacijo sestavljajo trave, posamezni grmi/tujerodne vrste/vodotok kanaliziran	1

5. Zadrževalne strukture v strugi

Skale in stara debla trdno zasidrana v dno, ni usedlin	15
Skale in debla za katerimi se odlagajo usedline	10
Zadrževalne strukture rahlo zasidrane; ob poplavih se premikajo	5
Peščene usedline, zadrževalne strukture redke	1

6. Oblika struge

Zadošča za najvišje letne pretoke, razmerje širina/globina manj kot 7	15
Redko preplavljeni bregovi, razmerje širina/globina 8 do 15	10
Poplave ob zmerni količini vode, razmerje širina/globina 15 do 25	5
Poplave pogoste, razmerje širina/globina več kot 25 /vodotok kanaliziran	1

7. Usedline v strugi

Odlaganje usedlin majhno, na povečanje struge nima vpliva	15
Nekaj ovir iz robatih skal in prodnikov ter malo mulja	10
Ovire iz skal, peska ali muljastih naplavin pogoste	5
Struga deljena v preplete/vodotok kanaliziran	1

8. Struktura rečnega brega

Breg stabilen, kamnit ali čvrsto utrjen z koreninami trav, grmovja in dreves	25
Breg trden, korenine trav, grmovja in dreves le delno utrjujejo	15
Breg iz rahle prsti, nekoliko utrjen z redkim slojem rastlin	5
Breg nestabilen, iz rahle prsti ali peska, tok ga spodjeda/breg je umetno utrjen	1

9. Spodjedanje brega

Ni vidno ali pa je omejeno na območja, kjer so korenine dreves	20
--	----

Samo na rečnih zavojih in zožitvah	15
Spodjedanje brega pogosto	5
Močno spodjedanje vzdolž struge, breg se ruši/breg je umetno utrjen	1

10. Dno vodotoka

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

11. Pojavljanje brzic, tolmunov in meandrov

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

12. Dedit

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

Vrednotenje rezultatov:

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