

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Matevž NEDOH

**OKOLJSKA OCENA IN MAKROFITI
REKE PESNICE**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2008

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Matevž NEDOH

OKOLJSKA OCENA IN MAKROFITI REKE PESNICE

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**ENVIRONMENTAL ASSESMENT AND MACROPHYTES
OF THE RIVER PESNICA**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2008

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

Senat 17. 6. 2005

Naslov dela:

OKOLJSKA OCENA IN MAKROFITI REKE PESNICE

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednica: prof. dr. Marina DERMASTIA
Nacionalni inštitut za Biologijo, BF, Oddelek za biologijo

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

Član: prof. dr. Mihael J. TOMAN
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Datum zagovora: 30. 9. 2008

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

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Matevž Nedoh

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dd

UDK 581.5: 582.2/3 (497.4 Pesnica) (043.2) = 163.6

KG makrofiti / vodotok / širša okoljska ocena / reka Pesnica

AV NEDOH, Matevž

SA GABERŠČIK, Alenka (mentorica)

KZ SI-1000 Ljubljana, Večna pot 111

ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

LI 2008

IN OKOLJSKA OCENA IN MAKROFITI REKE PESNICE

TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)

OP XI, 77 str., 3 tab., 22 sl., priloge, viri

IJ sl

JI sl / en

AL Namen naloge je bil ugotoviti pojavljanje, razporeditev in pogostost makrofitov v reki Pesnici ter oceniti njihovo odvisnost od okoljskih razmer ter izbranih fizikalnih in kemijskih dejavnikov. V rastnih sezonah 2005 in 2006 smo ocenili stanje širšega vodnega okolja po metodi RCE (Riparian, Channel and Environmental Inventory) in popisali makrofite na celotni dolžini vodotoka, določili njihovo pogostost, rastno obliko in habitatne parametre po metodi MIDCC (Multifunctional Integrated Study Danube Corridor and Catchment).

Reko Pesnico smo razdelili na 93 odsekov. Trikrat smo na 8 vzorčnih mestih opravili fizikalne meritve in odvzeli vzorce za kemijsko analizo vode. Ugotovili smo, da se vrstna in številčna pestrost veča po toku navzdol. Na pojavljanje in številčnost makrofitov najbolj vplivajo dejavniki, kot so prisotnost obrežne vegetacije, substrat, oblika in globina struge ter hitrost vodnega toka. Glede na širšo okoljsko oceno lahko reko Pesnico uvrstimo v III. in IV. RCE kakovostni razred. Rezultati popisa makrofitov se ne skladajo v celoti s širšo okoljsko oceno.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dd

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

CX macrophytes / streams / wider environmental assesment / river Pesnica

AU NEDOH, Matevž

AA GABERŠČIK, Alenka (supervisor)

PP SI-1000 Ljubljana, Večna pot 111

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Biology

PY 2008

TI ENVIRONMENTAL ASSESMENT AND MACROPHYTES OF THE RIVER PESNICA

DT Graduation Thesis (University studies)

NO XI, 77 p., 3 tab., 22 fig., ann., ref.

LA sl

AL sl / en

AB The aim of present work was to determine the distribution, abundance and frequency of macrophytes in the River Pesnica and the influence of environment condition and some physical and chemical parameters of water on macrophytes. In the growth seasons 2005 and 2006 assessment of habitat parameters was carried out with the use of the MIDCC method (Multifunctional Integrated Study Danube Corridor and Catchment), and the environmental assessment was made with the use of the RCE method (Riparian, Channel and Environmental Inventory). Macrophytes on the whole length of the stream were examined and their frequency and growth form were estimated.

The River Pesnica has been divided into 93 reaches. On eight locations physical measurements and chemical analyses of water were performed three times per season. The result showed that number and abundance of species increased downstreams. The presence and abundance of macrophytes was mostly affected by factors such as the depth and width of the riverbed, presence of woody riparian vegetation, substrate and current velocity. Wider environmental assessment classified the River Pesnica into RCE III. to IV. quality class. Results of the macrophyte survey do not correlate in total with the wider environmental assessment, since more preserved condition of a river is usually not related to greater biodiversity of macrophytes.

KAZALO VSEBINE

| | |
|--|-----|
| KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA | III |
| KEY WORDS DOCUMENTATION | IV |
| KAZALO VSEBINE | V |
| KAZALO SLIK | VII |
| KAZALO TABEL | IX |
| KAZALO PRILOG | X |
| 1 UVOD | 1 |
| 2 DELOVNE HIPOTEZE | 3 |
| 3 PREGLED OBJAV | 4 |
| 3.1 REČNI SISTEM IN VODNO OKOLJE..... | 4 |
| 3.1.1 Vodni tok..... | 6 |
| 3.1.2 Svetloba in temperatura..... | 6 |
| 3.1.3 Substrat..... | 7 |
| 3.1.4 Kemizem vode..... | 8 |
| 3.2 MAKROFITI..... | 10 |
| 3.3 PRILAGODITEV RASTLIN NA VODNO OKOLJE..... | 11 |
| 3.3.1 Anatomske in morfološke prilagoditve..... | 11 |
| 3.3.2 Fiziološke prilagoditve..... | 12 |
| 3.3.3 Kompeticija..... | 12 |
| 3.4 VLOGA MAKROFITOV V VODNEM EKOSISTEMU..... | 13 |
| 3.5 MAKROFITI, ONESNAŽENJE IN KAKOVOST VODE..... | 14 |
| 4 MESTO RAZISKAV | 15 |
| 4.1 REKA PESNICA..... | 15 |
| 5 METODE DELA | 25 |
| 5.1 FIZIKALNE MERITVE IN KEMIJSKA ANALIZA VODE..... | 25 |
| 5.2 MAKROFITI..... | 26 |
| 5.2.1 Prisotnost in pogostost makrofitov v reki Pesnici..... | 26 |
| 5.3 ŠIRŠA OKOLJSKA OCENA (RCE metoda)..... | 28 |
| 5.4 OCENA HABITATNIH PARAMETROV (MIDCC metoda)..... | 28 |
| 5.5 KANONIČNA KORESPONDENČNA ANALIZA (CCA)..... | 29 |

| | |
|---|----|
| 6 REZULTATI | 30 |
| 6.1 FIZIKALNE MERITVE IN KEMIJSKA ANALIZA VODE..... | 30 |
| 6.1.1 Kisikove razmere..... | 30 |
| 6.1.2 Temperatura..... | 31 |
| 6.1.3 Električna prevodnost..... | 32 |
| 6.1.4 pH..... | 33 |
| 6.1.5 Vsebnost nitratnih ionov..... | 34 |
| 6.1.6 Vsebnost ortofosfatnih ionov..... | 35 |
| 6.2 MAKROFITI NA PREGLEDANIH ODSEKIH REKE PESNICE..... | 36 |
| 6.2.1 Vrstna sestava makrofitov v reki Pesnici..... | 36 |
| 6.2.2 Razporeditev in pogostost makrofitov v reki Pesnici..... | 37 |
| 6.2.3 Dendrogram različnosti glede na prisotnost in pogostost vrst..... | 45 |
| 6.2.4 Ocena kakovosti vode glede na pojavljanje makrofitov..... | 47 |
| 6.3 ŠIRŠA OKOLJSKA OCENA REKE PESNICE (RCE metoda)..... | 48 |
| 6.4 OCENA HABITATNIH PARAMETROV (MIDCC metoda)..... | 52 |
| 6.4.1 Ocena hitrosti vodnega toka..... | 52 |
| 6.4.2 Tip sedimenta..... | 53 |
| 6.4.3 Struktura bregov..... | 54 |
| 6.4.4 Tip zaledja..... | 55 |
| 6.5 KANONIČNA KORESPONDENČNA ANALIZA (CCA)..... | 56 |
| 7 RAZPRAVA | 60 |
| 7.1 FIZIKALNE IN KEMIČNE ZNAČILNOSTI REKE PESNICE..... | 60 |
| 7.2 MAKROFITI REKE PESNICE..... | 63 |
| 7.2.1 Vrstna sestava in pojavljanje makrofitov..... | 63 |
| 7.2.2 Makrofiti in kakovost vode..... | 66 |
| 7.3 ŠIRŠA OKOLJSKA OCENA REKE PESNICE..... | 67 |
| 7.3.1 Širša okoljska ocena, vrstna pestrost in razširjenost makrofitov..... | 68 |
| 8 SKLEPI | 69 |
| 9 POVZETEK | 70 |
| 10 VIRI | 71 |
| 11 PRILOGE | 78 |

KAZALO SLIK

| | |
|--|----|
| Slika 1a: Oštevilčeni odseki (1 – 14), njihove meje ter oštevilčena vzorčna mesta fizikalnih meritev in vzetih vzorcev za kemijsko analizo vode na reki Pesnici..... | 17 |
| Slika 1b: Oštevilčeni odseki (14 – 27), njihove meje ter oštevilčena vzorčna mesta fizikalnih meritev in vzetih vzorcev za kemijsko analizo vode na reki Pesnici..... | 18 |
| Slika 1c: Oštevilčeni odseki (51 – 61), njihove meje ter oštevilčena vzorčna mesta fizikalnih meritev in vzetih vzorcev za kemijsko analizo vode na reki Pesnici..... | 19 |
| Slika 1d: Oštevilčeni odseki (51 – 61), njihove meje ter oštevilčena vzorčna mesta fizikalnih meritev in vzetih vzorcev za kemijsko analizo vode na reki Pesnici..... | 20 |
| Slika 1e: Oštevilčeni odseki (51 – 61), njihove meje ter oštevilčena vzorčna mesta fizikalnih meritev in vzetih vzorcev za kemijsko analizo vode na reki Pesnici..... | 21 |
| Slika 1f: Oštevilčeni odseki (61 – 72), njihove meje ter oštevilčena vzorčna mesta fizikalnih meritev in vzetih vzorcev za kemijsko analizo vode na reki Pesnici..... | 22 |
| Slika 1g: Oštevilčeni odseki (73 – 85), njihove meje ter oštevilčena vzorčna mesta fizikalnih meritev in vzetih vzorcev za kemijsko analizo vode na reki Pesnici..... | 23 |
| Slika 1h: Oštevilčeni odseki (85 – 93), njihove meje ter oštevilčena vzorčna mesta fizikalnih meritev in vzetih vzorcev za kemijsko analizo vode na reki Pesnici..... | 24 |
| Slika 2: Nasičenost s kisikom [%] na osmih vzorčnih mestih v reki Pesnici..... | 30 |
| Slika 3: Vsebnost kisika [mg/l] na osmih vzorčnih mestih v reki Pesnici..... | 30 |
| Slika 4: Temperatura [°C] na osmih vzorčnih mestih v reki Pesnici..... | 31 |
| Slika 5: Električna prevodnost vode [$\mu\text{S}/\text{cm}$] na osmih vzorčnih mestih v reki Pesnici..... | 32 |
| Slika 6: pH vode na osmih vzorčnih mestih v reki Pesnici..... | 33 |
| Slika 7: Vsebnost nitratnih ionov NO_3^- [mg/l] v vzorcih vode reke Pesnice..... | 34 |
| Slika 8: Vsebnost ortofosfatnih ionov PO_4^{3-} [mg/l] v vzorcih vode reke Pesnice..... | 35 |
| Slika 9a: Razporeditev in pogostost makrofitov v reki Pesnici, odseki 1 – 31..... | 38 |
| Slika 9b: Razporeditev in pogostost makrofitov v reki Pesnici, odseki 32 – 62..... | 39 |
| Slika 9c: Razporeditev in pogostost makrofitov v reki Pesnici, odseki 63 – 93..... | 40 |
| Slika 10: Povprečni masni indeks makrofitov v reki Pesnici..... | 41 |
| Slika 11a: Skupni delež odsekov reke Pesnice, v katerih je bil makrofit prisoten (odseki 1 – 93)..... | 41 |

| | |
|---|----|
| Slika 11b: Delež odsekov srednjega toka reke Pesnice, v katerih je bil makrofit prisoten (odseki 1 – 47)..... | 42 |
| Slika 11c: Delež odsekov spodnjega toka reke Pesnice, v katerih je bil makrofit prisoten (odseki 48 – 93)..... | 42 |
| Slika 12a: Relativna rastlinska masa makrofitov v srednjem toku reke Pesnice (odseki 1 – 47)..... | 43 |
| Slika 12b: Relativna rastlinska masa makrofitov v spodnjem toku reke Pesnice (odseki 48 – 93)..... | 43 |
| Slika 12c: Skupna relativna rastlinska masa makrofitov v reki Pesnici (odseki 1 – 93)..... | 44 |
| Slika 13: Dendrogram različnosti pregledanih odsekov reke Pesnice glede na prisotnost in pogostost vrst..... | 45 |
| Slika 14a: Kategorije okoljskih spremenljivk v reki Pesnici (prikaz s senčenjem, odseki 1 – 31)..... | 49 |
| Slika 14b: Kategorije okoljskih spremenljivk v reki Pesnici (prikaz s senčenjem, odseki 32 – 62)..... | 49 |
| Slika 14c: Kategorije okoljskih spremenljivk v reki Pesnici (prikaz s senčenjem, odseki 63 – 93)..... | 50 |
| Slika 15: Število točk in RCE kakovostni razred za posamezen odsek reke Pesnice..... | 51 |
| Slika 16: Hitrost vodnega toka v reki Pesnici..... | 52 |
| Slika 17: Tip sedimenta v reki Pesnici..... | 53 |
| Slika 18: Struktura brega v reki Pesnici..... | 54 |
| Slika 19: Tip zaledja v reki Pesnici..... | 55 |
| Slika 20: Ordinacijski diagram z izbranimi dejavniki okolja in makrofitskimi taksoni..... | 57 |
| Slika 21: Ordinacijski diagram z izbranimi dejavniki okolja in odseki reke Pesnice..... | 58 |
| Slika 22: Ordinacijski diagram z izbranimi dejavniki okolja, makrofitskimi taksoni in odseki reke Pesnice..... | 59 |

KAZALO TABEL

| | |
|--|----|
| Tabela 1: Seznam makrofitov z okrajšavo in njihovo rastno obliko v reki Pesnici..... | 36 |
| Tabela 2: Za določeno vsebnost hranil v vodi značilni makrofiti, prisotni v reki Pesnici (Haslam, 1987)..... | 47 |
| Tabela 3: Lastne vrednosti, kumulativni pojasnjeni odstotek varianc in korelacijski koeficienti obdelanih podatkov za reko Pesnico..... | 55 |

KAZALO PRILOG

Priloga A

Obrazec za oceno okoljskih parametrov po metodi RCE (slovenska RCE metoda (Germ, Jogan, 1997; Urbanič in Toman, 2003), prirejena po Petersenu (Riparian, Channel and Environmental Inventory, 1992))

Tabela A: Vrednotenje rezultatov RCE

Priloga B

B 1: Obrazec za oceno habitatnih parametrov po metodi MIDCC (Multifunctional Integrated Study Danube Corridor and Catchment, Janauer 2002)

B 2: Pogostost makrofitov (abundance)

B 3: Rastna oblika

Tabela B 4a: Podatki za MMT, MMO, d in RPM [%] za reko Pesnico

Tabela B 4b: Podatki za MMT, MMO, d in RPM [%] za srednji tok reke Pesnice

Tabela B 4c: Podatki za MMT, MMO, d in RPM [%] za spodnji tok reke Pesnice

Priloga C

Rezultati fizikalnih meritev in kemijskih analiz vode reke Pesnice.

Tabela C 1: Rezultati fizikalnih meritev in analize vodnih vzorcev s prve meritve na reki Pesnici, dne 27. 7. 2005

Tabela C 2: Rezultati fizikalnih meritev in analize vodnih vzorcev z druge meritve na reki Pesnici, dne 15. 9. 2005

Tabela C 3: Rezultati fizikalnih meritev in analize vodnih vzorcev s tretje meritve na reki Pesnici, dne 5. 11. 2005 (9. 11.)

Priloga D

Rezultati širše okoljske ocene (RCE) in ocene habitatnih parametrov (MIDCC) za reko Pesnico. Slovenska RCE metoda (Germ, Jogan, 1997; Urbanič in Toman, 2003), prirejena po Petersenu (Riparian, Channel and Environmental Inventory, 1992).

Habitatni parametri po MIDCC metodi (Multifunctional Integrated Study Danube Corridor and Catchment, Janauer, 2002).

Tabela D 1: Ocena po RCE, habitatni parametri (MIDCC), koordinate in dolžina odsekov 1 – 20 na reki Pesnici

Tabela D 2: Ocena po RCE, habitatni parametri (MIDCC), koordinate in dolžina odsekov 21 – 38 na reki Pesnici

Tabela D 3: Ocena po RCE, habitatni parametri (MIDCC), koordinate in dolžina odsekov 39 – 58 na reki Pesnici

Tabela D 4: Ocena po RCE, habitatni parametri (MIDCC), koordinate in dolžina odsekov 59 – 78 na reki Pesnici

Tabela D 5: Ocena po RCE, habitatni parametri (MIDCC), koordinate in dolžina odsekov 79 – 94 na reki Pesnici

1 UVOD

Voda je ena izmed najpomembnejših spojin v naravi in je nujna za življenje. Slovenski prostor je še posebej bogat z vodami, vendar je naravno stanje okolja večinoma spremenjeno in podrejeno našim preteklim in trenutnim potrebam. Nekatere posledice se bodo v pravem razmahu pokazale šele v bodoče, saj naši posegi sežejo globlje v prostor in dlje v čas, kot se zavedamo, sploh če so takšna ravnanja dodatno osmišljena z računanjem dobičkov na krajši rok ali posledica zadovoljitve posameznih interesov.

Namen tega dela ni navajati vseh možnih načinov, s katerimi človeštvo uničuje okolje. Tisti, katerim bi bilo to namenjeno, tega ne bi brali, prepričevati že prepričane pa je nesmiselno. Sploh se takšni prispevki pojavljajo v medijih vse pogosteje, kar je dober znak, da se osveščenost glede te problematike pri ljudeh povečuje.

Ocenjevanje kakovosti stanja vodnega okolja je pomembno in hkrati nujno. Skoraj vsaka današnja dejavnost izkorišča okolje kot vir surovin ali kot odlagališče nekoristnih in odpadnih produktov. Poleg tega sam način našega življenja ustvarja cel spekter za okolje škodljivih snovi v ogromnih količinah. Potrebno je oceniti, kakšen je vpliv vseh teh dejavnikov in kako ga je možno odpraviti ali vsaj omejiti na katerikoli ravni. Pomembno je spremljati dogajanje in najti razlage za ugotovljena stanja in spremembe ter napovedati trende, če je to sploh možno. Ugotovitve nas lahko pripeljejo bližje dejanski opredelitvi problemov in s tem do boljših načinov upravljanja z naravnimi viri ter k smotrnejšemu ravnanju z okoljem nasploh, torej k bolj zdravemu medsebojnemu odnosu.

V današnjem času se za namene spremljanja kakovosti voda uporabljajo fizikalne, kemijske in biološke metode. Fizikalne in kemijske metode, čeprav zelo natančne, odražajo trenutno stanje v vodotoku in niso primerne za spremljanje kakovosti na daljši časovni rok. Biološke metode, ki opredelijo kakovost vode na podlagi pojavljanja organizmov v njih, pa so lahko preprostejše, hitrejše in predvsem učinkovitejše, saj organizmi odražajo stanje daljšega časovnega obdobja.

Pri bioloških metodah ocenjevanja kakovosti voda se proučijo vodni organizmi, navadno bentoški nevretenčarji, perifiton in vodni makrofiti. Na podlagi različnih vzorcev razporeditve vodnih makrofitov lahko določimo indikatorsko vrednost posamezne vrste glede na stopnjo organskega onesnaženja. Tako s popisom makrofitov dejansko ugotavljamo ne le življenske združbe v nekem okolju, ampak dobimo tudi podatke o spremembi ali stanju kakovosti voda, če v raziskavo seveda vključimo tudi ostale značilnosti okolja.

Namen naloge je bil:

- ugotoviti prisotnost, razporeditev in pogostost makrofitov v reki Pesnici,
- ugotoviti, kako na pojavljanje makrofitov vplivajo fizikalni in kemijski dejavniki,
- ugotoviti povezavo med okoljskimi razmerami in pojavljanjem makrofitov,
- ovrednotiti stanje reke Pesnice na podlagi pojavljanja makrofitov,
- ovrednotiti stanje širšega vodnega okolja reke Pesnice.

2 DELOVNE HIPOTEZE

Regulacija reke Pesnice in njenih pritokov v Pesniški dolini je spremenila naravno stanje okolja na celotnem območju. Večino prej poplavne in zamočvirjene doline danes predstavljajo obdelovalne kmetijske površine, ki segajo vse do protipoplavnega nasipa, znotraj katerega je ujeta reka Pesnica z ozkim obrežnim pasom.

Predvidevamo, da fizikalni, kemijski in okoljski dejavniki ključno vplivajo na pogostost pojavljanja ter na razporeditev makrofitov v reki Pesnici.

Predvidevamo, da bo diverziteteta makrofitov in njihova pogostost pojavljanja manjša v bolj spremenjenih in obremenjenih delih vodotoka ter tam, kjer je stanje širšega vodnega okolja slabše.

Predvidevamo, da je možno oceniti, kateri dejavniki najbolj vplivajo na pogostost pojavljanja ter na diverzitetu makrofitov v reki Pesnici.

Predvidevamo, da je možno oceniti, kateri dejavniki najbolj vplivajo na stanje širšega okolja ob reki Pesnici.

3 PREGLED OBJAV

3.1 REČNI SISTEM IN VODNO OKOLJE

Rečni sistem je, poenostavljeno gledano, drenažni kanal za presežke padavin nad evaporacijo. Pri kroženju vode je to glavni povratni tok s kopnega nazaj v morje. Ta sistem je dinamičen, z visokim obratom vode, katerega pojavljanje je odvisno od padavin in morfologije površja. Geologija in topografija določata obliko struge ter značilnosti substrata. Kemizem vode v strugi je načeloma določen z značilnostmi okolja iz katerega vode dotekajo. Vsak proces, ki poteka v višje ležečem delu rečnega sistema, vpliva na okoljske razmere v nižje ležečem delu (Dobson in Frid, 1998).

Rečne sisteme delimo na tri dele. Zgornji del rečnega sistema predstavljajo relativno strma, erodirajoča struga s turbulentnim tokom, grob kamnit substrat ter s hranili revna voda. Tu se zbira padavinska voda, katere količina je odvisna od poraščenosti zaledja in njegovih zadrževalnih sposobnosti, prednjačijo pa gozdovi z največjo sposobnostjo zadrževanja vode. V srednjem delu reke je naklon struge zmanjšan, erozija je uravnotežena z odlaganjem sedimenta. Substrat sestavljata predvsem pesek in prod. V spodnjem delu se tok umiri, prihaja do izrazitega odlaganja sedimenta, v substratu pa prevladuje fini mulj. V tem delu se poveča količina raztopljenih in suspendiranih snovi (Dobson in Frid, 1998).

Glavni abiotski parametri v rečnem ekosistemu so hidrološke in morfološke značilnosti struge ter temperatura. Te parametre pogojujeta klima in geologija. Fizikalne, kemijske in biološke lastnosti reke se spreminjajo od izvira do izliva kot zaporedje vzdolžno povezanih območij. Reke so tridimenzionalni sistemi z značilnimi longitudinalnimi, lateralnimi in vertikalnimi tokovi snovi in energije. Med strugo in obrežjem prihaja do lateralne, med strugo ter pod njo ležečimi aluvialnimi vodonosniki pa do vertikalne izmenjave (Petts, 1994).

Morfologija struge se spreminja skozi procese erozije in odlaganja. Antropogeni vplivi, kot so sekanje gozdov, poljedelstvo, paša in urbanizacija, vplivajo na površinski odtok in odlaganje sedimentov (Brookes, 1994).

Obrežni pas predstavlja prehod med vodnim in kopenskim ekosistemom (Brinson, 1993). Proces, ki potekajo v pasu obrežne vegetacije, vplivajo na kakovost vode, tako da se zmanjša količina dušika in fosforja, odstranijo se suspendirane snovi ter različni organski polutanti, pa tudi patogene bakterije (Hemond in Benoit, 1988; Johnston in sod., 1990) in hranila, sedimenti ter strupi (Wetzel, 1990). Obrežna vegetacija tako poveča kakovost vodnega telesa in pokrajine v celoti (Husak in Vorechovska, 1996). Vpliv obrežnega pasu se z naraščajočo razdaljo od roba vodotoka zmanjšuje (Johnston in sod., 1990).

Izraba tal za obrežnim pasom, torej v zaledju, je prvi in pomembnejši pokazatelj stanja vodotoka, spremembe pa so odvisne od tipa kmetijstva na območju in človekovega pritiska na pokrajino. Tako je celotno stanje določenega vodotoka odvisno od zaledja in strukture obrežnega pasu ter od morfologije struge (Petersen, 1992). Največji človeški vpliv na okolje se kaže v odstranjevanju prvotne vegetacije, in s tem v motenju procesov, ki skrbijo za hrambo dušika in fosforja v kopenskem ekosistemu (Petersen, 1992; Moss, 1980).

Ugotovljeno je bilo, da rezultati o stanju vodotoka, pridobljeni z uporabo RCE metode, sovpadajo z ocenami, ki so bile narejene na podlagi fizikalnih meritev, kemijskih in saprobioloških analiz. Na osnovi vrste zaledja, strukture struge in razvitosti obrežnega pasu lahko sklepamo na razmere v strugi. Biološke analize dajejo več informacij o stanju vodnega ekosistema, saj je biocenoza, ki potrebuje več časa za razvoj, dober indikator sprememb v daljšem obdobju (Germ in sod., 2000).

Zaradi turbulence prihaja v tekočih vodah do stalnega mešanja, s čimer so zagotovljeni vnos hranil, izmenjava plinov in odstranjevanje odpadnih snovi. Dinamičnost je ključna za razširjanje organizmov vzdolž toka in lateralno. Hkrati so tekoče vode razmeroma nepredvidljivo okolje pod vplivom stalnih motenj, kot so erozija, abrazija, zamuljenje, onesnaženje in spremembe koncentracij O₂, pH, hranil in drugih dejavnikov. Od pogostosti in obsega motenj je odvisna uspešnost in hitrost obnovitvenih procesov (Petts, 1994).

3.1.1 Vodni tok

Vodni tok je dejavnik, ki vpliva na vrstno sestavo in razporeditev združb v celinskih vodah. Zaradi toka je stanjšani difuzijski sloj, preko katerega pride do večjih izgub metabolitov, hkrati pa zaradi mehanskih poškodb prihaja do nenehne izgube rastlinskega materiala. Hitrost toka, turbulenca in erozija neposredno vplivajo na stopnjo fotosinteze, dostopnost hranil in CO₂. Vpliv vodnega toka je posreden tudi preko učinkov na substrat in favno. Najbolj očiten mehanski vpliv na združbe makrofitov je omejevanje pojavljanja prosto plavajočih vrst na območja ali obdobja zmanjšane hitrosti toka (Fox, 1992).

Nizke do srednje hitrosti vodnega toka ponavadi stimulirajo pogostost in raznovrstnost makrofitov, za višje hitrosti pa je značilen negativen vpliv na rast. Raznolikost rastlinskih vrst je največja pri srednji hitrosti toka (0,3 m/s), kjer se odlaga organski material (Germ in Gaberščik, 1999). Pri hitrosti nad 1 m/s se rast in prisotnost makrofitov zmanjša, saj se poveča resuspenzija sedimenta in zmanjša jakost svetlobe (Madsen in sod., 2001).

Kalnost vode je povezana s hitrostjo vodnega toka in erozijo. Hitri tokovi povečajo resuspenzijo sedimenta na območjih, ki so redko poseljena z vegetacijo, kar zmanjša dostopnost sevanja za rast vodnih rastlin. Povečana hitrost vode fizično vpliva tudi na samo sposobnost naselitve in preživetje makrofitov na določenem območju (Biggs, 1995). V gostih sestojih makrofitov pa se hitrost toka zmanjša (Sand - Jensen, 1998).

3.1.2 Svetloba in temperatura

Del svetlobe, ki pade na vodno gladino, se odbije ali razprši (Wetzel, 1983), v vodi pa, zaradi absorpcije in sipanja, svetloba pojenja z globino. Energija absorbirane svetlobe se transformira v toplotno energijo (Westlake, 1965). Z globino daljše valovne dolžine hitreje pojenjajo, tako da ne upada samo njena jakost, temveč pride tudi do spektralnih sprememb (Holmes in Klein, 1987). Na absorpcijo vplivajo tako lastnosti vode, kakor tudi v njej suspendirani delci in raztopljeni organske snovi. Optične lastnosti se dinamično spreminjajo, lahko sezonsko, vsekakor pa v geološkem času (Wetzel in Likens, 1991). Svetlobne razmere določajo razporeditev v globino, pogostost in primarno produkcijo avtotrofnih organizmov v vodnem okolju (Van Duin in sod., 2001).

Senčenost zaradi drevesne obrežne vegetacije lahko privede do popolnega neuspevanja semenk (Allan, 1995). Del svetlobe absorbirajo tudi listne površine plavajočih rastlin, tako da liste v globlji vodi ali znotraj sestoja doseže oslABLJENO sevanje, ki ne zadošča za doseganje svetlobne saturacijske točke fotosinteze (Germ, 1997).

Največji vir toplote v vodi je neposredna absorbcija sončnega sevanja. Prenos toplote iz zraka ali sedimenta je neprimerljivo manjši, za temperaturo vodotoka pa ni zanemarljiv tudi vnos toplote s talno vodo in s površinskimi dotoki (Johnson in sod., 1985).

Pri spremljanju temperaturnega režima ugotovimo sinusoidno periodično spreminjanje znotraj diurnalnega 24-urnega cikla v poletnih mesecih, v zimskih mesecih pa je fluktuacija vezana na spremembe vremenskih razmer in na prehod vremenskih front (Webb in Walling, 1985). Temperatura je ob večjih poletnih padavinah in pretokih nekoliko nižja od povprečja, v zimskih mesecih pa podaljšuje trajanje nizkih temperatur topljenje snega kot glavni vir vode iz zaledja (Smith in Lavis, 1975).

Temperatura ima razmeroma majhen vpliv na razporeditev rastlinskih vrst v vodotoku. Kot pomembnejši se izkažejo globina vode, svetlobne razmere, tip substrata, turbulenca in kemizem vode. Temperatura vpliva na fiziološke procese, kot so dormanca, kalitev semen, razvoj rastlin, stopnja fotosinteze in privzem kisika (Pip, 1989), vpliva pa tudi na topnost kisika in organskih snovi, hitrost kemičnih in biokemičnih reakcij ter na metabolizem (Rose, 1967).

3.1.3 Substrat

Razširjenost makrofitov je med drugim odvisna tudi od fizikalnih značilnosti struge in vode, na kar najbolj vplivajo geološke značilnosti porečja. Od geologije je namreč odvisen tip substrata (Fox, 1992). Sediment v vodnih ekosistemih izhaja iz vnosa v reke, suspenzije sedimenta na dnu struge, obrežne erozije in iz mrtvega organskega materiala (Madsen in sod., 2001). Značilnosti substrata in njegova primernost za pritrditev ter rast rastlin so neposredno odvisne tudi od vodnega toka (Allan, 1995).

Grob material ne omogoča zakoreninjenja in je reven s hranili (Nichols in Shaw, 1986). Manjši delci peska se lažje izpirajo kot večji delci proda, za katere je potrebna višja hitrost toka. Delci mulja in gline, ki so manjši od peska, potrebujejo za erozijo, zaradi večjih kohezijskih sil, večjo hitrost vodnega toka. Organski delci se izpirajo hitro zaradi majhne specifične teže. Tako ima grob substrat, značilen za območja z večjo hitrostjo toka, običajno manj organskih snovi in malo hranil (Chambers in sod., 1991; French, 1995).

Substrat predstavlja glavni izvor hranil, predvsem dušika in fosforja, za ukoreninjene submerzne rastline (Barko in sod., 1991). Površina sedimenta je običajno obogatena s finimi delci, ki vsebujejo visok delež organskih snovi, ogljika, dušika in fosforja. Vzorci odlaganja in sestave sedimenta so v tesni povezavi z morfologijo in strukturo sestojra rastlinskih vrst (Sand - Jensen, 1998). Kot so različne raziskave pokazale, so mnogi makrofiti vezani na sediment določene velikosti delcev (Haslam, 1978; Holmes, 1983).

3.1.4 Kemizem vode

Nasičenost vode s kisikom predstavlja tisto količino raztopljenega O_2 v vodi, ki je pri dani temperaturi in danem tlaku v ravnotežju z O_2 v zraku. Dnevne vrednosti višje od 100 %, kažejo v poraščenih vodotokih na visoko stopnjo fotosinteze, nižje vrednosti pa na večjo respiracijo. Topnost kisika se manjša z večjo slanostjo (Dobson in Frid, 1998). Za zelo poraščene vodotoke so značilna velika dnevno-nočna spreminjanja količine raztopljenega kisika, CO_2 , temperature in pH (Wilcock in sod., 1998).

Ogljik je v vodi prisoten v obliki prostega CO_2 ter kot hidrogenkarbonatni in karbonatni ion. Količina posamezne oblike je odvisna od pH vode. Pri vzdrževanju ogljikovega ravnotežja v vodi ima pomembno vlogo CO_2 , ki se sprošča pri dihanju vseh vodnih organizmov (Dykyová in Úlehlová, 1998). Vodne rastline, ki uporabljajo kot vir ogljika samo prosti CO_2 , so omejene na vode z nizkim pH in nizko koncentracijo kalcija (Sand - Jensen, 1989). V trdih vodah se razvijejo pestrejšje združbe makrofitov, ki lahko izkoriščajo tudi bikarbonat (Urbanc - Berčič, 1993).

pH vode odraža koncentracijo v vodi raztopljenega H^+ iona. Računa se kot negativni logaritem koncentracije, $pH = -\log [H^+]$. Voda pri 24 °C vsebuje 10^{-7} mol/l $[H^+]$ in je nevtralna. Vsaka sprememba za eno stopinjo predstavlja 10-kratno spremembo v koncentraciji. Načeloma je pH kopenskih voda med 5,5 in 8,8 pH (Dobson in Frid, 1998). Visok pH lahko omejuje fotosintezo zaradi nizkega deleža prostega CO_2 (Bowes in Salvucci, 1989). Če so rastline visoko produktivne, se lahko pH čez dan zviša tudi za 3 do 4 enote, ponoči pa pH zaradi večjega sproščanja CO_2 spet pade (Cronk in Fennessy, 2001).

Električna prevodnost je lastnost, kjer voda zaradi vsebnosti ionov prevaja električni tok. Meri se v $\mu S/cm$ pri 25 °C. Je uporabno merilo, saj na primer 60 $\mu S/cm$ ustreza ionski koncentraciji 60 mg/l. Vrednost nad 500 $\mu S/cm$ je lahko indikator obremenjevanja (Dobson in Frid, 1998). Najvišje vrednosti so navadno jeseni, ko prihaja do intenzivne razgradnje, izgradnja pa je zaradi nižjih temperatur in nižje intenzitete svetlobe sorazmerno nizka (Wetzel in Likens, 1991).

Neposredni viri hranil v vodnem okolju so atmosfera, voda, tla, detrit ter rastlinski in živalski material (Dykyová in Úlehlová, 1998). Koncentracija hranil v vodi vpliva na razporeditev submerznih makrofitov, saj so sposobni izrabe hranil iz vode in ne le sedimentov (Schneider in Melzer, 2004). Ponavadi je v nižinskih vodotokih presežek hranil, ki podpira rast makrofitov (Fox, 1992). Med hranili na razporeditev rastlin najbolj vplivata fosfor (PO_4^{3-}) in dušik (NH_4^+) (Bornette in Amorus, 1991).

3.2 MAKROFITI

S pojmom makrofiti označujemo makroskopske rastline; semenke, praproti in mahove, ki so prilagojene na življenje v celinskih vodah. Sem prištevamo tudi makroskopske alge, predvsem nitaste alge in parožnice. Makrofiti niso taksonomska kategorija, saj so se predstavniki višjih rastlin med makrofiti razvili iz kopenskih vrst, z redukcijo določenih kopenskih značilnosti in pa z razvojem sekundarnih prilagoditev (Fox, 1992).

Za makrofite je značilna velika strukturna in morfološka plastičnost (Wetzel, 2001). Tako jih lahko razvrščamo glede na rastno obliko, način pritrditve ali razmere v okolju v katerem uspevajo (Allan, 1995).

Glede na rastno obliko delimo makrofite v šest skupin (terminologija po International Association for Danube Research, 1998; Janauer, 2002):

- **ap** = (**acro-pleustophytes**) plava na vodni površini, neukoreninjena rastlina,
- **sp** = (**submersed pleustophytes**) ni pritrjena v sediment, potopljena, ne plava na površini,
- **sa** = (**submersed anchored**) potopljena, pritrjena v sediment ali na podlago s koreninami, rizoidi ali drugimi pritrjevalnimi organi,
- **fl** = (**floating leaf rooted plant**) ukoreninjena, prisotni plavajoči in/ali potopljeni listi,
- **am** = (**amphiphytes**) amfibijska rastlina, ki se istočasno pojavlja v vodi kot tudi na bregu,
- **he** = (**helophytes**) obrežna rastlina, še očitno povezana z vodnim telesom, močvirska rastlina.

Nekateri rastline imajo amfibijski značaj. Lahko se pojavljajo tako v vodi kot na kopnem, pa tudi v prehodnem območju med kopensko in vodno vegetacijo (Sand - Jensen in Jacobsen, 2002). Fotosintezna aktivnost poteka tako v vodi kot izven nje, čeprav se razmere zelo razlikujejo. Homofilne vrste amfibijskih rastlin imajo en tip listov, ki je sposoben fotosinteze v obeh medijih, heterofilne vrste pa imajo več tipov listov, kjer je vsak prilagojen drugemu okolju (Maberly in Spence, 1989).

Pomembni dejavniki, ki vplivajo na proizvodnjo biomase vodnih rastlin so: vodni tok, valovanje, mikrobní razkroj, herbivorija, visoka stopnja respiracije v primerjavi s fotosintezo in senčenje (Carr in sod., 1997).

3.3 PRILAGODITEV RASTLIN NA VODNO OKOLJE

Ker je vodno okolje različno od kopnega imajo vodne rastline niz specifičnih anatomskih in morfoloških prilagoditev. Vodno okolje nudi prednost predvsem v pogledu absorpcije, glede vodnega režima in ustaljenih razmer, hkrati pa predstavlja vrsto neugodnih dejavnikov, kot so dostopnost do svetlobe, počasnejša difuzija plinov in včasih mineralnih snovi (Trošt - Sedej, 2004).

3.3.1 Anatomske in morfološke značilnosti

Pri večini vodnih rastlin se je razvil sistem zračnih prostorov, aerenhim. Ta poteka skozi peclje listov v steblo, vse do korenin oziroma rizomov (Hutchinson, 1975). Omogoča učinkovito difuzijo plinov in njihovo shranjevanje ter obnavljanje med mesti fotosinteze, respiracije in fotorespiracije (Wetzel, 2001). Nastanek tega posebnega tkiva je posledica manjše količine plinov v vodi in v tleh, nasičenih z vodo. Funkcionalno do neke mere nadomešča mehansko tkivo, saj zmanjšuje specifično težo listov, povečuje vzgon in omogoča primerno lego. Nekaterim plavajočim rastlinam omogoča plavanje na vodi (Martinčič, 1994).

Listi potopljenih makrofitov so pogosto gibki, tanki, ozki in podaljšani, nitaste, suličaste ali fino razcepljene oblike. Tako imajo rastline zaradi nizkega difuzijskega upora pri privzemu hranil in plinov višjo fotosintezno učinkovitost (Sand - Jensen in sod., 1992). Zaradi gibanja vode se tudi zmanjšajo mehanske poškodbe (Wetzel, 2001).

Za ukoreninjene rastline, ki uspevajo v tekočih vodah, je značilno žilavo, prožno steblo in plazeča rastna oblika ter stoloni ali rizomi z mnogimi adventivnimi koreninami, kar rastlini omogoča, da v vodi ohranja ustrezno lego (Hynes, 1970).

Stebila se zvijajo in niso toga. Mehanski elementi so centralno nameščeni in maloštevilni, stebelu dajejo elastičnost, ne pa tudi trdnosti. Prevajalni sistem je močno reduciran in zbran v sredini stebila. Pogosto tudi prave žile niso več razvite, ampak so prisotni le kompleksni prevajalnih elementov. Velik del volumna zavzema aerenhim (Martinčič, 1994).

Koreninski sistem je reduciran. Ukoreninjeni makrofiti lahko privzemajo hranila iz vode in substrata, pri nekaterih vrstah služi koreninski sistem samo pritrditvi, funkcija črpanja hranil je še le drugotnega pomena (Hutchinson, 1975).

3.3.2 Fiziološke prilagoditve

Topnost plinov v vodi se z višanjem temperature manjša. Kisik je bolj topen od CO₂, z višanjem temperature pa se razmerje med plinoma še povečuje in prihaja do intenzivnejše fotorespiracije. Tudi visok pH omejuje fotosintezo zaradi nizkega deleža prostega CO₂ (Bowes in Salvucci, 1989).

Fiziološke prilagoditve se kažejo z različnimi mehanizmi, s katerimi rastline povečajo intracelularno vsebnost ogljika. Nekaterim to omogoča prisotnost PEP karboksilaze (podobno kot kopenske C₄ rastline), druge izkoriščajo povečano vsebnost prostega CO₂ v nočnem času (podobno kot CAM rastline), mnoge pa lahko sprejemajo hidrogenkarbonatni ion. Anatomske prilagoditve omogočajo nekaterim makrofitom delno izrabo CO₂, ki nastaja pri dihanju in fotorespiraciji, drugi pa uporabljajo CO₂, ki je nastal v talnem substratu (Trošt - Sedej, 2005).

3.3.3 Kompeticija

Kompetitivne lastnosti vodnih rastlin so razraščanje, zgodnja rast v sezoni, uporaba bikarbonata kot vira ogljika, asimilacija CO₂ iz zraka ter majhno razmerje med stebлом in koreninami v prid steblu in listom (Murphy in sod., 1990). Rastline v glavnem tekmujejo za svetlobo, prostor, hranila in vodo. Voda ni omejujoč dejavnik, tudi hranil je običajno dovolj, tako da ima največji pomen kompeticija za svetlobo. V habitatih bogatih s hranili, kot so nižinske reke, lahko kompeticija privede do izključitve večine vrst in ostaneta le ena ali dve (Fox, 1992). Hitro rastoče, oportunistične vrste v mnogih vodotokih zasenčijo in onemogočijo razvoj vrst s počasnejšo rastjo (Pot, 1996; Rørslet in Johansen, 1996). Emerzni makrofiti pogosto naseljujejo plitve vode, bregove stoječih in tekočih voda ter prestrežejo svetlobo, preden doseže vodo, zato je rast plavajočih in potopljenih makrofitov onemogočena (Cronk in Fennessy, 2001).

3.4 VLOGA MAKROFITOV V VODNEM EKOSISTEMU

Makrofiti imajo v ekosistemu specifično vlogo. Če poznamo njihovo biologijo in ekologijo, lahko z vodnimi telesi uspešneje gospodarimo in jih ustrezno zaščitimo (Nichols, 1991; Fox, 1992).

Naselitev določenih vrst makrofitov na določenem območju omejujejo specifični klimatski, geološki in fizikalni parametri, upoštevati je treba tudi geografsko razširjenost in geomorfološke dejavnike, ki vključujejo nadmorsko višino, naklon zaledja in struge, obsežnost povodja ter število pritokov (Gaberščik, 1997).

Makrofiti so pomemben sestavni del nižinskih vodotokov (Baattrup - Pedersen in sod., 1999). Vplivajo na fizične, fizikalne in kemijske značilnosti vodotoka. Imajo mnogo pomembnih funkcij, zato je ekološko stanje vodnih ekosistemov močno odvisno od njihovih združb (Sand - Jensen in sod., 1989).

Potopljeni makrofiti, ki se pojavljajo v mozaičnih sestojih, spreminjajo smer in hitrost vodnega toka. V sestoji se hitrost toka zmanjša, usedajo se fini delci, med sestoji pa sta hitrost in erozija povečana (Sand - Jensen in Petersen, 1999; Schneider in Melzer, 2004).

Makrofiti sooblikujejo vodni ekosistem in v veliki meri vplivajo na razporeditev ostalih organizmov, hkrati pa kažejo tako na kvaliteto vode kot tudi sedimenta (Gaberščik, 1997). Kakovost vode izboljšujejo s prezračevanjem in privzemom hranil, same rastline pa zagotavljajo raznovrstnost habitatov za druge vodne organizme, saj površina rastlin in lokalno zmanjšanje hitrosti toka zagotavljata podlago za združbe alg, gliv in bakterij, ki prečiščujejo vodo (Holmes, 1999). Vodne rastline služijo tudi kot mesta za drst in odlaganje jajčec nevretenčarjev ter rib, in kot skrivališča za plen in plenilce. So vir nestalnih organskih snovi in zadrževalne strukture za organske snovi, ki jih prinaša voda (Moss, 1980).

3.5 MAKROFITI, ONESNAŽENJE IN KAKOVOST VODE

Med vodne onesnaževalce spadajo organske snovi, hranila, toplotno onesnaženje, toksične snovi, suspendirani delci, ekstremni pH, detergenti, olja in naftni derivati (Abel, 1996).

Do največjega onesnaženja v vodotokih prihaja zaradi neposrednih izpustov kanalizacije. Posledica so visoka biološka poraba kisika in porast suspendiranih organskih snovi ter amonija. To vpliva na številčnost vrst makrofitov, nevretenčarjev in rib. Raznolikost makrofitov se zmanjša, prevlada pa ena rastlinska vrsta s povečano biomaso. V nižinskih rekah, ki so bogate s hranili, se pogosto razrastejo nitaste alge (Sweeting, 1994). Visok delež fosforja in dušika (>15 – 25 mg/l) lahko zavira rast makrofitov (Vrhovšek in sod., 1981).

Naravna vodna vegetacija in diverziteteta vrst sta manjši zaradi onesnaženja in eutrofikacije vodotokov, kot tudi zaradi splošnega poslabšanja fizikalnih okoljskih dejavnikov (Haury, 1996). Združbe vodnih rastlin se odzivajo na onesnaženje podobno kot ostali vodni organizmi, občutljive pa so predvsem na organsko onesnaženje. V zadnjem času je mnogo vodotokov izgubilo svojo naravno vodno vegetacijo. Ne samo, da so številne vodne rastline postale redke, ranljive ali ogrožene, nekaj vrst je v svojih naravnih arealih celo izumrlo (Best, 1994; Preston, 1995).

Makrofiti so splošni indikatorji za stanje celotnega habitata in njegovih potencialnih življenjskih struktur, še posebej, če so občutljivi na organsko onesnaženje (Haslam, 1987). Na podlagi različnih vzorcev razporeditve vodnih makrofitov, lahko določimo indikatorsko vrednost posamezne vrste, glede na stopnjo organskega onesnaženja. V rastlinski združbi se zaradi onesnaženja zmanjša diverziteteta, manjša je zastopanost za onesnaženje občutljivih vrst, poveča pa se število vrst, ki so odporne na onesnaženje (Gaberščik, 1997).

4 MESTO RAZISKAV

4.1 REKA PESNICA

Pesnica je 79 km dolga reka, ki izvira v bližini državne meje z Avstrijo. Teče skozi gričevnat svet Kozjaka in Slovenskih goric, ki sestojita iz enotne geološke podlage terciarnih usedlin peskov, gline, ilovice in laporja. Na Ptujskem polju se pred Ormožem izliva v reko Dravo.

Pesnica je tipična panonska reka. Njeno povodje je nesimetrično oblikovano, s številnimi pritoki, kjer so levi pritoki veliko daljši od desnih. Obrežja meandrastih potokov so poudarjena z vlagoljubnim obrežnim rastlinstvom. Rečni režim je dežno-snežni, z večjim deležem dežnega. Primarni višek vode je marca, najkasneje aprila, sekundarni višek pa je novembra, izjemoma oktobra ali decembra.

V zgornjem toku reke je njena dolina vlažna in zaradi pogostih poplav marsikje zamočvirjena. Srednji tok se začne pod Spodnjo Kungoto, dolg je 24 km in ima zelo razvejano porečje, ki daje reki polovico vodne količine. Skoraj ves dotok prispevajo levi pritoki, med njimi zlasti Globovnica, Velka in Drvanja. Drvanja doteka že v spodnji tok Pesnice, ki se začne pri Spodnji Senarski. Pesnica je v svojem srednjem toku že čisto nižinska reka in je v dolgotrajnem procesu akumulacije odložila velike količine blata ter peska. Te sedimente domačini imenujejo na kratko "pesek", po katerih naj bi bila Pesnica dobila tudi svoje ime.

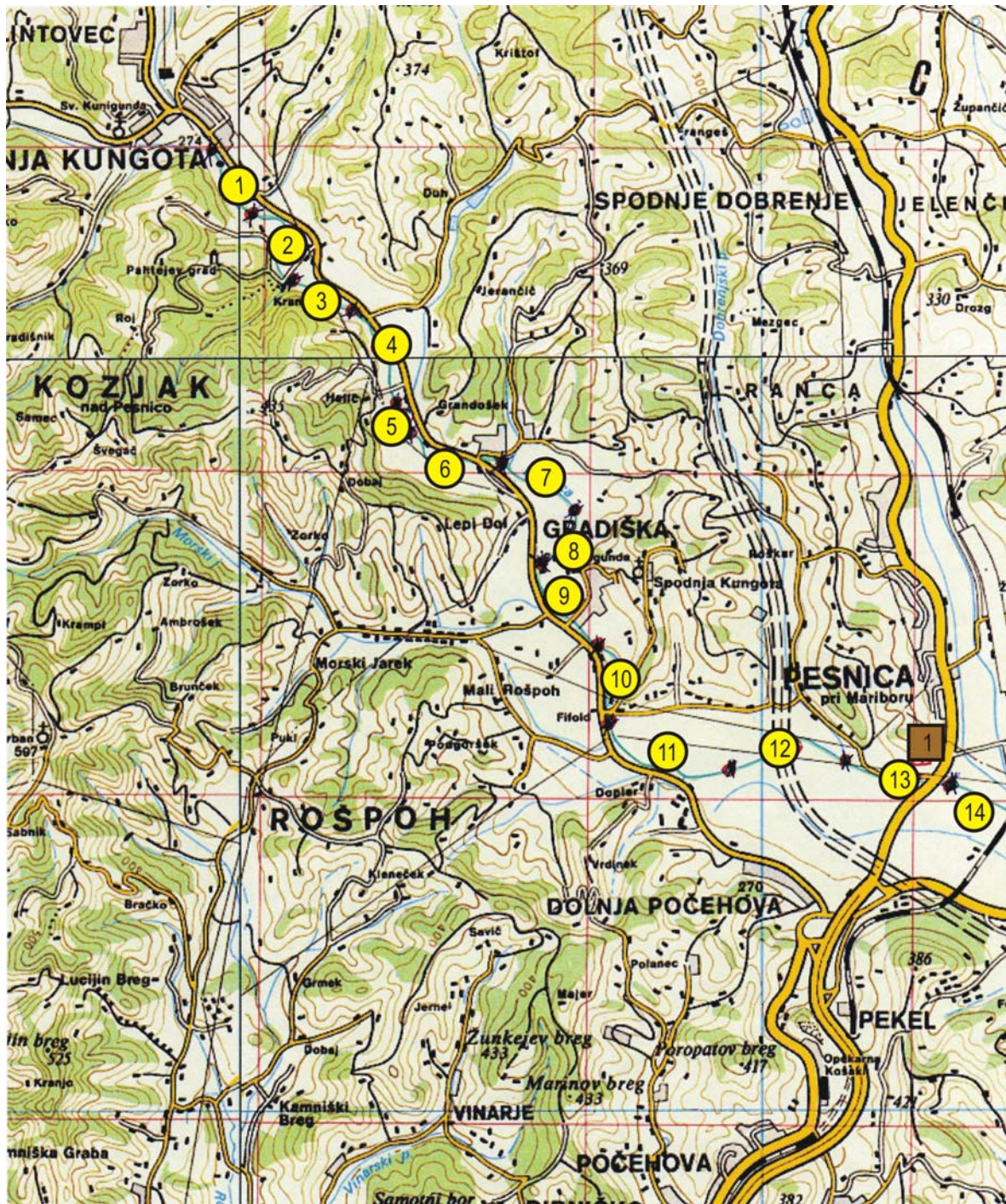
Ker je vsa dolina Pesnice za vodo nepropustna in ni sposobna vpijati in zadrževati večjih količin, je reka ob visokih vodah tudi do 4-krat letno poplavljala, prav tako je menjavala tok in prestavljala strugo. Takrat se je dolina spremenila v jezero, v sušnih obdobjih pa v močvirje. Prvo tako mesto je bilo pri Zgornji Senarski, zaradi pritoka Globovnice in Velke ter podzemskih izvirov izpod hrastovškega platoja. Naslednje mesto pa je bilo nekoč pri vasi Vitomarci, v območju izliva Drvanje in potoka Čmrljenšak. Glavna povzročiteljica poplav v dolini Pesnice sta bila njen majhen strmec in akumulacija gline ter peska v strugi reke in pritokih, zaradi številnih meandrov in vegetacije v strugah, kar je zadrževalo odtok.

Večino dolinskih tal tvori glina, ki je prekomerno vlažna. Tla so slabo prezračena, vedno hladna, zbita in težka za obdelavo. V sušni dobi se razsušijo in globoko razpokajo, pozimi in pomladi so razmočena in lepljiva, pri nizkih temperaturah pa zmrzujejo. V tleh se kopičijo huminske kisline. V takih zaglejenih tleh tudi najbolj skrbna obdelava nima pravega uspeha. Najuspešnejši način boja zoper zaglejenje predstavlja izsuševanje z jarki in drenažnimi cevmi. Naravna poplavnost je bila zmanjšana z regulacijo struge in umetnimi vodnimi zadrževalniki na Pesnici in njenih pritokih. Tam se zbira večja količina vode, ki je sama regulirana struga ni zmožna sprejeti. Takšen hidromelioracijski sistem preprečuje nastanek vode v terciarnih plasteh, obstoječi sistem pa je urejen tudi tako, da poskrbi za zadrževanje vlage in njeno enakomernejšo porazdelitev po vsem povodju.

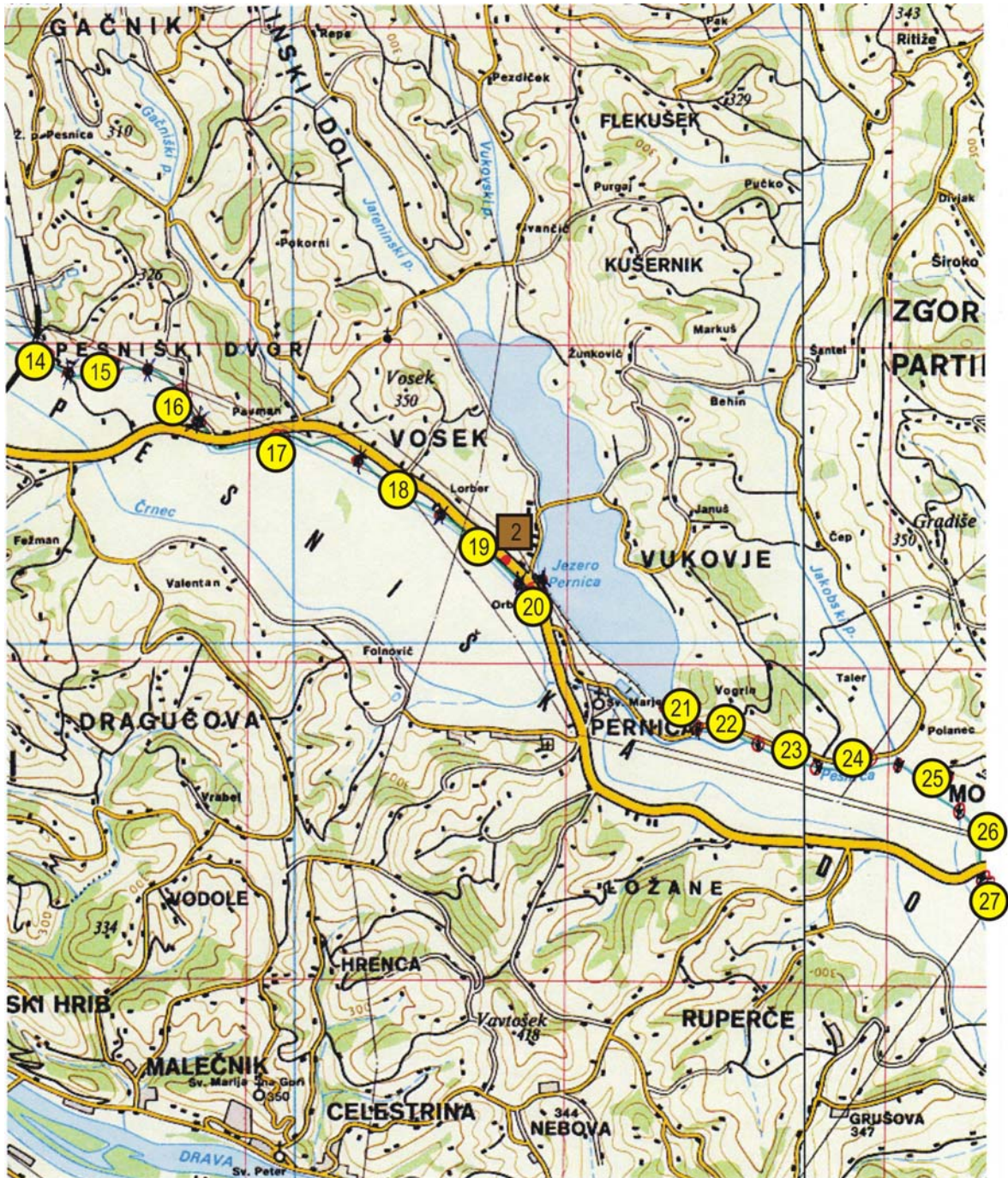
S temi posegi je izginil značilen meandrasti tok reke in tudi spremljajoče rastlinstvo na bregovih. Značilnega močvirskega travniškega rastja je malo, saj je izginilo med osuševalnimi deli. Ob tem so v Pesniški dolini izginili tudi travniki z zavarovano rastlinsko vrsto, močvirsko logarico (*Fritillaria meleagris* L.).

Leta 1967 je bilo v zadrževalne, ribiške in rekreacijske namene zgrajeno jezero Pernica. Po Uredbi o kemijskem stanju površinskih voda (Ur. l. št. 11/2002) je vključeno v program monitoringa kakovosti jezer. Površina znaša 1,23 km², volumen 3,4 x 10⁶ m³, globina pa manj kot 3 m. Sestavljata ga dva, z ozko pregrado ločena zadrževalnika. Na jezeru Pernica Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO) opravlja naslednje analize: dvakrat letno meritve osnovnih fizikalno-kemijskih parametrov in biološke analize fitoplanktona in zooplanktona. Stanje in poraslost obale ter dna z makrofiti se oceni enkrat letno, zajame se tudi sediment za analizo težkih kovin, pesticidov in prednostnih parametrov. V monitoring so vključeni tudi pritoki, od katerih je največji ravno reka Pesnica. Pogosta cvetenja fitoplanktona kažejo na visoko stopnjo trofičnosti jezera, ki se prazni v reko Pesnico.

Široka dolina z ravnim dnom je primerna za intenzivno kmetijstvo. Goji se pšenica, koruza in druge krmne rastline. K večji homogenosti kmetijskih zemljišč je pridonesla zložba parcel po zaključenih melioracijskih ukrepih. V zadnjem času se intenziviranje kmetijstva nadaljuje z namakalnimi napravami. Večja urbanizacija krajine se začneja tudi z gradnjo avtoceste, železniške proge, visokonapetostnih daljnovodov in spremljajočih objektov.



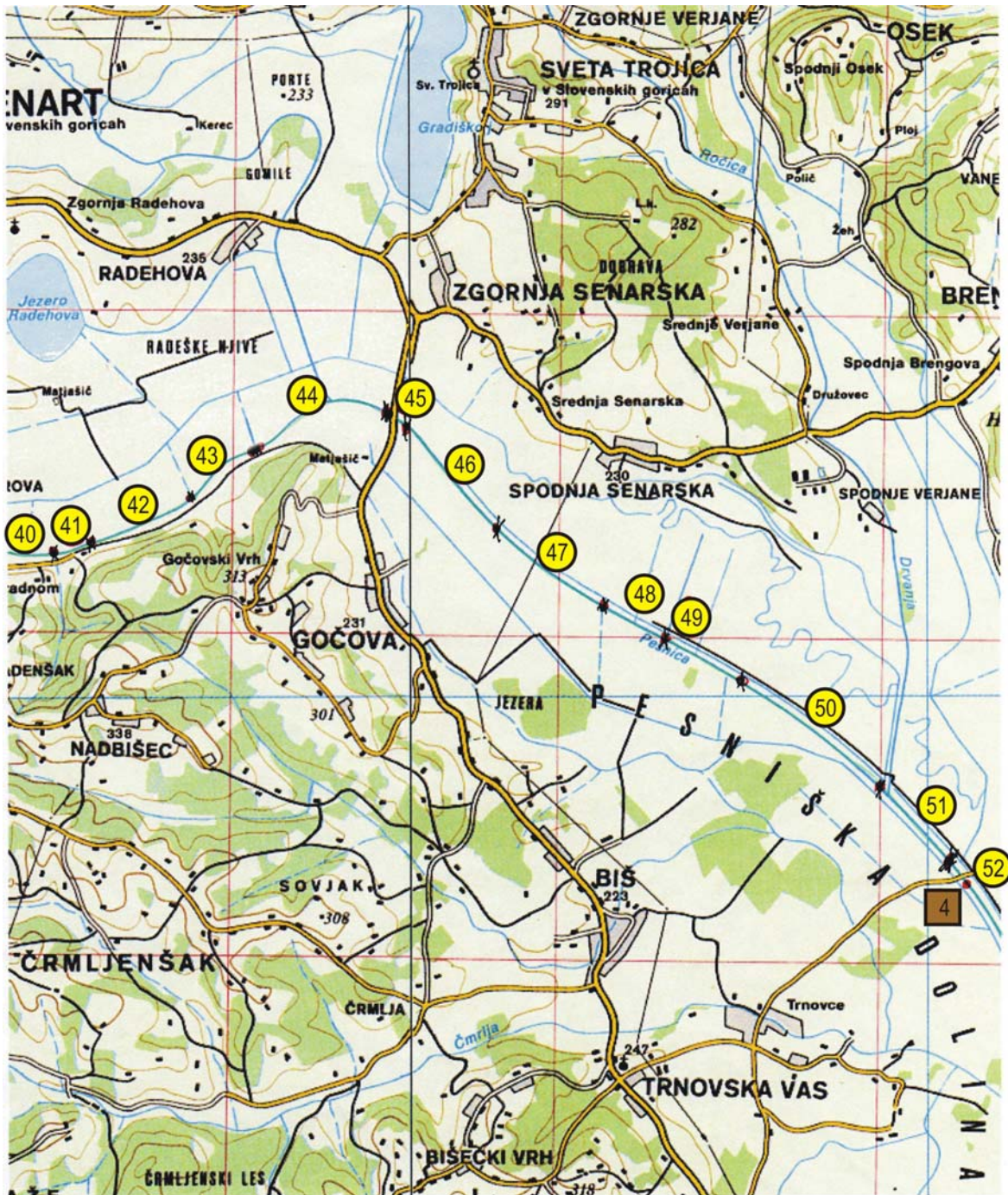
Slika 1a: Oštevilčeni odseki (1-14), njihove meje ter oštevilčena vzorčna mesta fizikalnih meritev in vzeti vzorcev za kemijsko analizo vode na reki Pesnici (Atlas Slovenije)



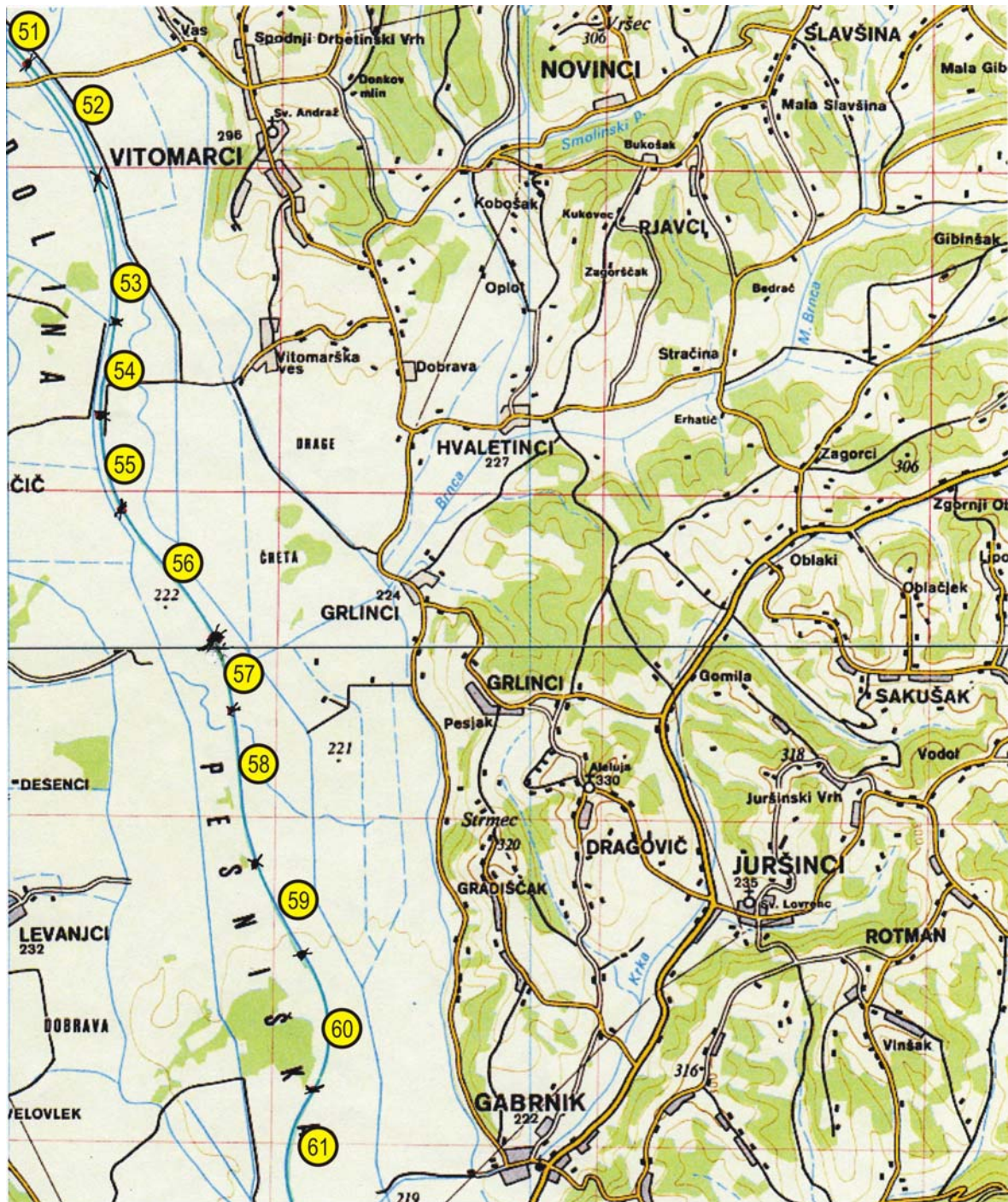
Slika 1b: Oštevilčeni odseki (14-27), njihove meje ter oštevilčena vzorčna mesta fizikalnih meritev in vzetih vzorcev za kemijsko analizo vode na reki Pesnici (Atlas Slovenije)



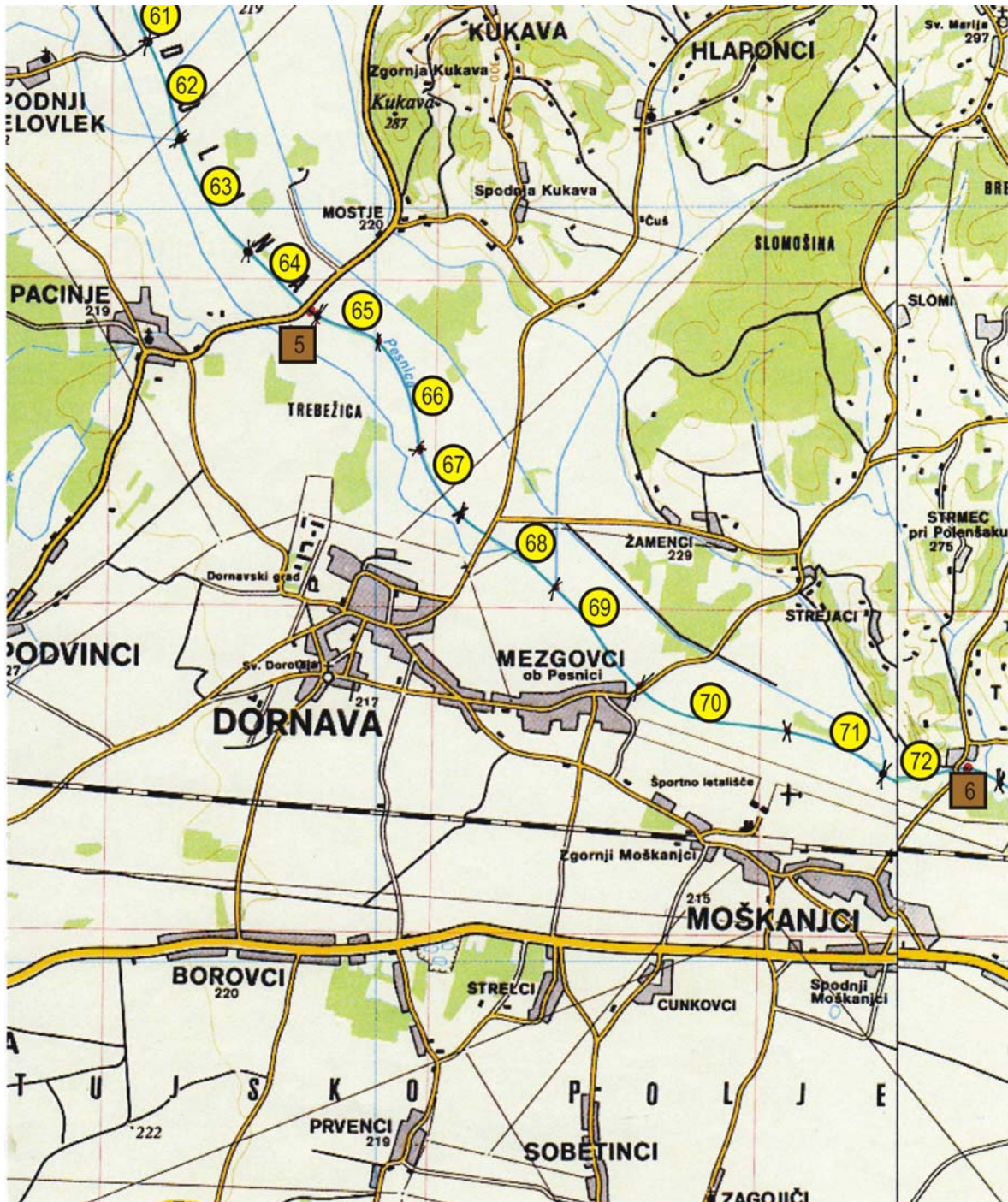
Slika 1c: Oštevilčeni odseki (26-40), njihove meje ter oštevilčena vzorčna mesta fizikalnih meritev in vzeti vzorcev za kemijsko analizo vode na reki Pesnici (Atlas Slovenije)



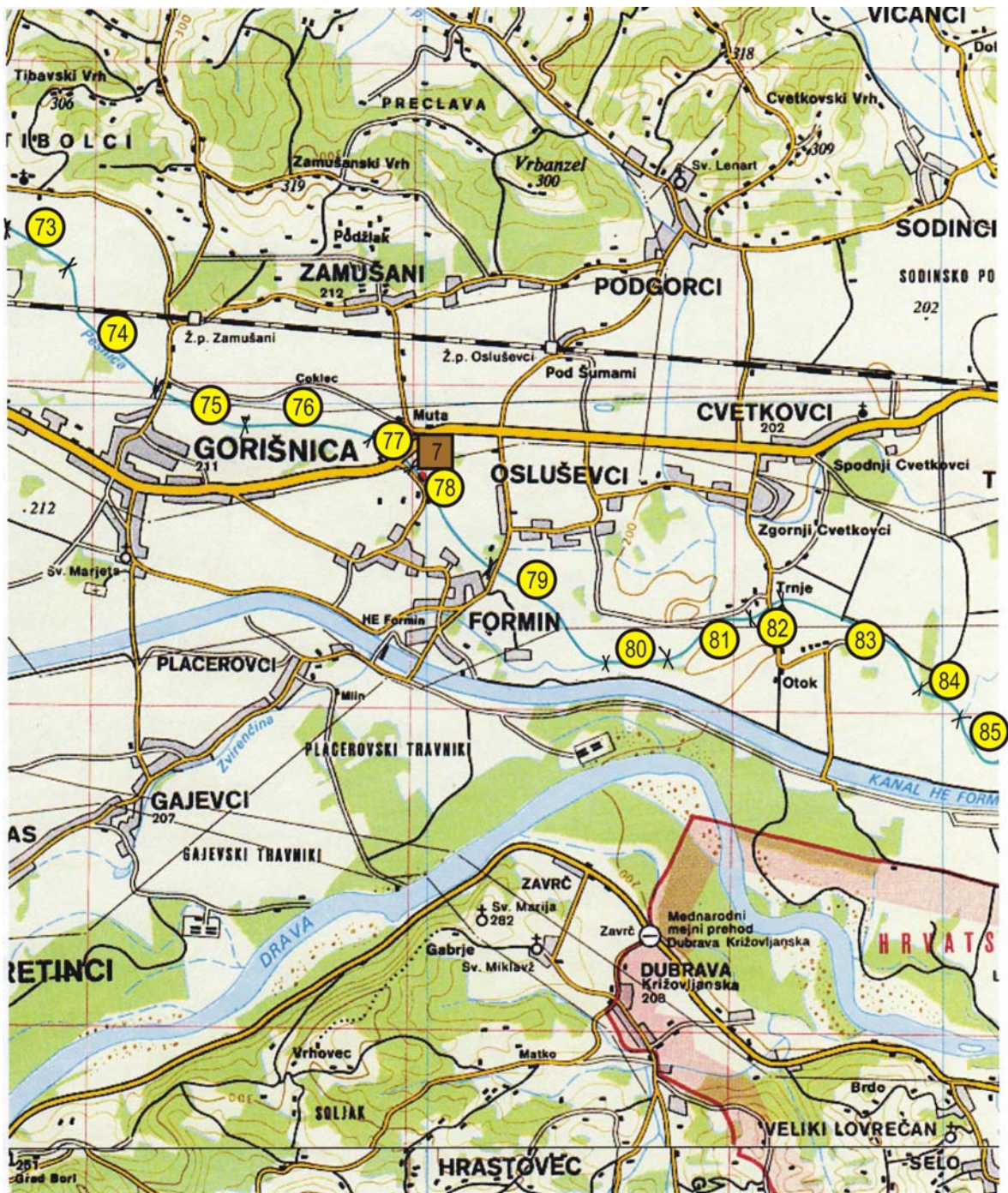
Slika 1d: Oštevilčeni odseki (40-52), njihove meje ter oštevilčena vzorčna mesta fizikalnih meritev in vzeti vzorcev za kemijsko analizo vode na reki Pesnici (Atlas Slovenije)



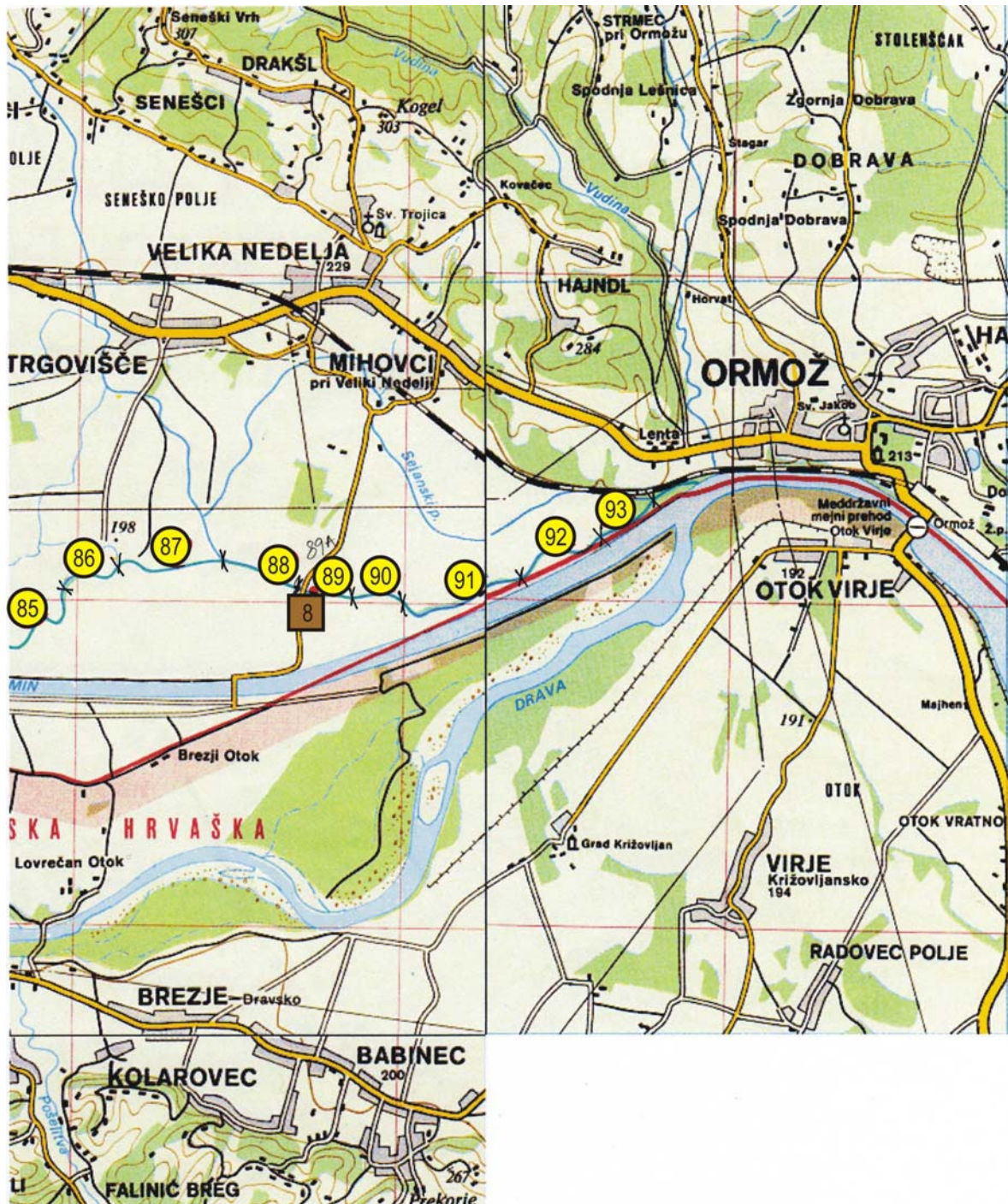
Slika 1e: Oštevilčeni odseki (51-61), njihove meje ter oštevilčena vzorčna mesta fizikalnih meritev in vzetih vzorcev za kemijsko analizo vode na reki Pesnici (Atlas Slovenije)



Slika 1f: Oštevilčeni odseki (61-72), njihove meje ter oštevilčena vzorčna mesta fizikalnih meritev in vzetih vzorcev za kemijsko analizo vode na reki Pesnici (Atlas Slovenije)



Slika 1g: Oštevilčeni odseki (73-85), njihove meje ter oštevilčena vzorčna mesta fizikalnih meritev in vzeti vzorcev za kemijsko analizo vode na reki Pesnici (Atlas Slovenije)



Slika 1h: Oštevilčeni odseki (85-93), njihove meje ter oštevilčena vzorčna mesta fizikalnih meritev in vzetih vzorcev za kemijsko analizo vode na reki Pesnici (Atlas Slovenije)

5 METODE DELA

V letu 2005 in 2006 smo na reki Pesnici proučevali prisotnost, pogostost in razporeditev makrofitov ter ocenjevali okoljske razmere. Skupno 56707 metrov struge smo razdelili na 93 zveznih odsekov (izjemoma se ta zveznost dvakrat prekine z jezerom Pernica in z jezerom Pristava). Meje med odseki so postavljene glede na spremembe biotičnih, okoljskih in hidroloških razmer v strugi ter glede na spremembe v obrežnem pasu in širšem območju (Slike 1a – 1h). Koordinate odsekov smo zabeležili s pomočjo GPS (Global Positioning System). V posameznem odseku smo popisali makrofitske vrste. Po metodi MIDCC (Multifunctional Integrated Study Danube Corridor and Catchment) smo določili njihovo pogostost in rastno obliko ter ocenili habitatne parametre. Vzoredno smo s pomočjo RCE metode (Riparian, Channel, and Environmental Inventory) izdelali okoljsko oceno vodotoka. Dodatno smo na skupno 8 izbranih lokacijah opravili še nekatere fizikalne meritve in pobrali vzorce vode za kemijsko analizo v laboratoriju.

5.1 FIZIKALNE MERITVE IN KEMIJSKA ANALIZA VODE

Trikrat v rastni sezoni (od julija do novembra 2005) smo na 8 vzorčnih mestih izvajali fizikalne meritve in odvzeli vzorce vode za laboratorijsko analizo. Na vsakem od vzorčnih mest smo izmerili temperaturo vode in električno prevodnost (Conductivity meter MA 5950 Iskra), količino raztopljenega kisika in nasičenost s kisikom (Oxi 197 – S, WTW) ter pH (Microprocessor pH meter MA 5950). Meritve smo opravljali podnevi med 9. uro zjutraj in 19. uro popoldan. V laboratoriju smo še isti dan, ali najkasneje en dan po fizikalnih meritvah, opravili kemijsko analizo vzorcev vode. Določili smo koncentracijo nitratnih ionov (NO_3^-) po metodi z natrijevim salicilatom in koncentracijo ortofosfatnih ionov (PO_4^{3-}) po metodi z amonmolibdatom (Urbanič in Toman, 2003). Vzorčna mesta na reki Pesnici so označena in oštevilčena na zemljevidu (slike 1a do 1h).

Rezultate smo grafično prikazali s pomočjo programa MS Excel.

5.2 MAKROFITI

5.2.1 Prisotnost in pogostost makrofitov v reki Pesnici

V letu 2005 in 2006 smo na reki Pesnici popisali prisotnost ter pogostost makrofitov. Reko smo razdelili na 93 odsekov in v vsakem po pet-stopenjski lestvici ocenili pogostost prisotnih vrst ter opredelili njihovo rastno obliko (po metodi MIDCC):

- pogostost: 1 = posamična, 2 = redka, 3 = pogosta, 4 = množična, 5 = prevladujoča,
- rastna oblika: **ap** = plavajoča, neukoreninjena rastlina, **sp** = nepritrjena, potopljena, **sa** = potopljena, pritrjena v sediment ali na podlago s koreninami, rizoidi ali drugimi pritrjevalnimi organi, **fl** = ukoreninjena, prisotni plavajoči in/ali potopljeni listi, **am** = amfibijska rastlina, istočasno se pojavlja v vodi kot tudi na bregu, **he** = obrežna rastlina, še očitno povezana z vodnim telesom, močvirska rastlina.

Popis smo opravili z bregov reke in tam, kjer je bilo možno, odseke prehodili tudi po rečni strugi. Rastline smo iz vode izvlekli z roko ali s pomočjo teleskopske ribiške palice, ki je imela na koncu pritrjen kavelj iz večjih trnkov brez zaluske. Vrste smo večinoma določili že na terenu in naknadno preverili težje določljive v laboratoriju. Pri določevanju smo si pomagali z naslednjimi določevalnimi ključi: Hutchinson (1975), Martinčič in sod. (2007), Preston (1995).

Ocene prisotnosti in pogostosti makrofitov nam pokažejo razlike v razporeditvi rastlin v celotnem vodotoku. Količino interpretiramo kot masni indeks (MI), ki je z dejansko biomaso povezan s funkcijo $f(x) = x^3$. Za računanje kvantitativne pomembnosti vrste v določenem odseku, uporabimo relativno rastlinsko maso (RPM).

$$\text{RPM}_x[\%] = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{PM}_{xi} \times L_i) \times 100}{\sum_{j=1}^k \left(\sum_{i=1}^n (\text{PM}_{ji} \times L_i) \right)} \quad (\text{formula 1})$$

RPM_x = relativna rastlinska masa vrste x

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

L_i = dolžina rečnega odseka i

Vrste so lahko vzdolž vodotoka razporejene na dva načina: relativno homogeno ali nezvezno gručasto. Povprečni masni indeks (MMI) nam daje bolj natančno razlago porazdelitve vrst, saj pomembnost vrste prikazuje iz dveh različnih vidikov:

MMT – povprečni masni indeks vrste v vseh odsekih reke

MMO – povprečni masni indeks vrste v odsekih, kjer se vrsta pojavlja

$$MMT = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=x}^n MI_i^3 \times AL_i}{GL}} \quad (\text{formula 2})$$

$$MMO = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=x}^n MI_i^3 \times AL_i}{\sum_{i=x}^n AL_i}} \quad (\text{formula 3})$$

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, kolikšen je delež odsekov, v katerih je bila vrsta prisotna.

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

Vsi podatki o rastlinah in okoljskih parametrih so bili vnešeni v tabelo v programu MS Excel. Obdelavo podatkov o prisotnosti in pogostosti makrofitov smo naredili s pomočjo računalniškega programa, ki ga je po metodologiji Pall in Janauer (1995) priredil Milijan Šiško (slike 9 – 12). Glede na prisotnost in pogostost vrst smo odseke primerjali s pomočjo Bray - Curtisovega indeksa. Podobnost je prikazana v obliki dendrograma (slika 13).

5.3 ŠIRŠA OKOLJSKA OCENA (RCE metoda)

Za oceno stanja okolja smo uporabili slovensko različico RCE metode (Germ - Jogan, 1997; Urbanič in Toman, 2003), prirejene po Petersenu (Riparian, Channel and Environmental Inventory, 1992). Metoda je bila razvita za vrednotenje majhnih nižinskih vodotokov na kmetijskih območjih, na osnovi fizičnih in biotskih značilnosti vodotoka, upoštevajoč značilnosti zaledja. Metoda omogoča hitro oceno in primerjavo posameznih odsekov. Temelji na dvanajstih značilnostih, s pomočjo katerih ocenimo strukturo obrežnega pasu, brega in struge, tip zaledja ter detrit. Opazovane značilnosti beležimo na obrazec, v katerem je vsaka od teh značilnosti razdeljena na štiri različno ovrednotena stanja, ki jim pripada določeno število točk. Najbolj spremenjeno ali degradirano stanje neke značilnosti ima vedno vrednost 1, najmanj spremenjeno oziroma naravno stanje pa vrednost med 15 in 30, odvisno od sposobnosti uporabnika, da pravilno oceni značilnost, in od relativne pomembnosti te indikatorske značilnosti za celotno stanje vodotoka. S seštevkom točk vseh dvanajstih značilnosti lahko ovrednotimo vodotok s pomočjo tabele, ki določa, v kateri RCE kakovostni razred od petih možnih spada. Najvišja možna vsota je 280, najnižja pa 12.

Točkovno vrednotenje in popis okoljskih dejavnikov po RCE metodologiji smo grafično prikazali s pomočjo programa MS Excel. Stolpci na grafu prikazujejo vsoto točk, ki jih posamezen odsek vodotoka doseže, barva ustreza RCE kakovostnemu razredu (slika 15).

5.4 OCENA HABITATNIH PARAMETROV (MIDCC metoda)

V vsakem odseku smo ocenili habitatne parametre po MIDCC metodi (Multifunctional Integrated Study Danube Corridor and Catchment, Janauer, 2002). To so struktura brega, tip sedimenta, hitrost toka in tip zaledja širšega področja vodotoka (skladno s CORINE (Coordination of Information on the Environment) land cover nomenclature). Vsaka podenota posameznega parametra je označena s številčno kodo, ki omogoča obdelavo podatkov. Te smo v obrazce vnašali na terenu, kasneje v MS Excel tabelo, in jih grafično prikazali (slike 16 – 19). Pojavljanje določenega parametra smo prikazali z upoštevanjem dolžine posameznih odsekov, tako so deleži predstavljeni glede na celotno dolžino pregledanega vodotoka.

5.5 KANONIČNA KORESPONDENČNA ANALIZA (CCA)

Kanonična korespondenčna analiza nam prikaže povezavo med okoljskimi spremenljivkami in pojavljanjem ter razporeditvijo vrst. Pri kanonični korespondenčni analizi se predpostavlja, da prisotnost in številčnost vrst vzdolž okoljskega gradienta sledi Shelfordovem zakonu tolerance: vsaka vrsta najbolje uspeva pri določeni vrednosti spremenljivke (optimum vrste) in ne more preživeti, če so vrednosti spremenljivke previsoke ali prenizke (Shelford, 1911; Odum, 1971; cit. po Ter Braak in Verdonschot, 1995), hkrati pa je odvisnost med okoljsko spremenljivko in številčnostjo vrste po navadi simetrično unimodalna (Ter Braak, 1987). Palmer (1993) je ugotovil, da je CCA zelo robustna metoda in primerna tudi takrat, kadar so vrste vzdolž okoljskega gradienta, nesimetrične. Metoda kombinacijo okoljskih spremenljivk prikaže tako, da so niše vrst maksimalno ločene (Ter Braak in Verdonschot, 1995; Ter Braak 1987).

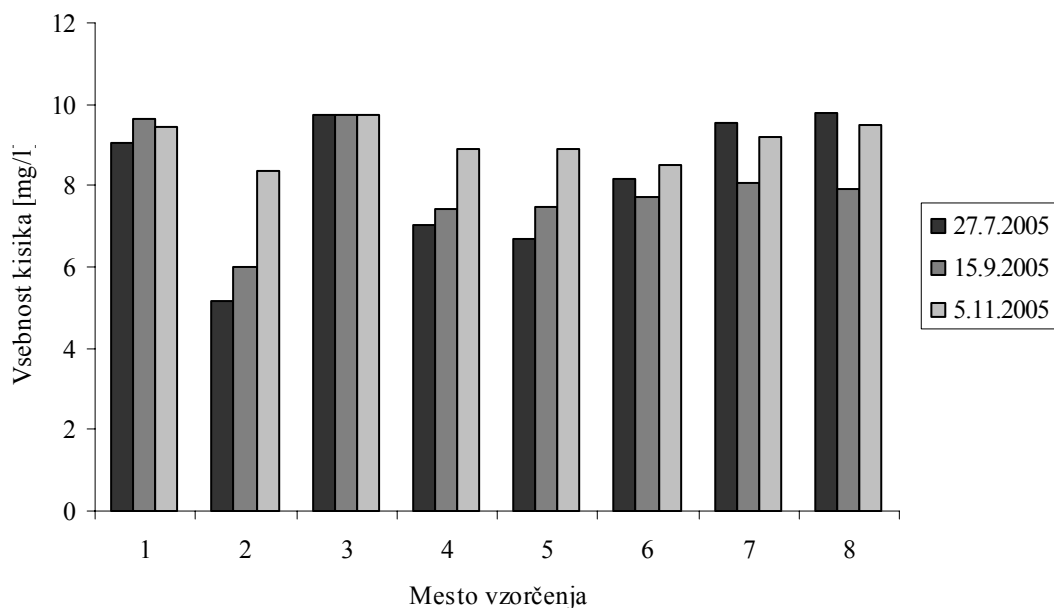
S kanonično korespondenčno analizo ugotavljamo, kakšne so korelacije med okoljskimi dejavniki in vrstno sestavo makrofitov, med odseki reke in makrofiti ter med okoljskimi dejavniki in rečnimi odseki. Rezultati so prikazani z ordinacijskimi diagrami (slike 20 do 22), kjer je velikost vpliva določenega dejavnika ponazorjena z dolžino vektorja (puščice). Dejavnik najbolj vpliva na tiste taksone, ki se nahajajo vzdolž vektorja, ki ga ponazarja.

Z metodo izbiranja (forward selection), ki je del programa CANOCO 4.5 (Ter Braak, 1987; 1990), so izbrane le tiste okoljske spremenljivke, ki pomembno vplivajo na različnost niš različnih vrst.

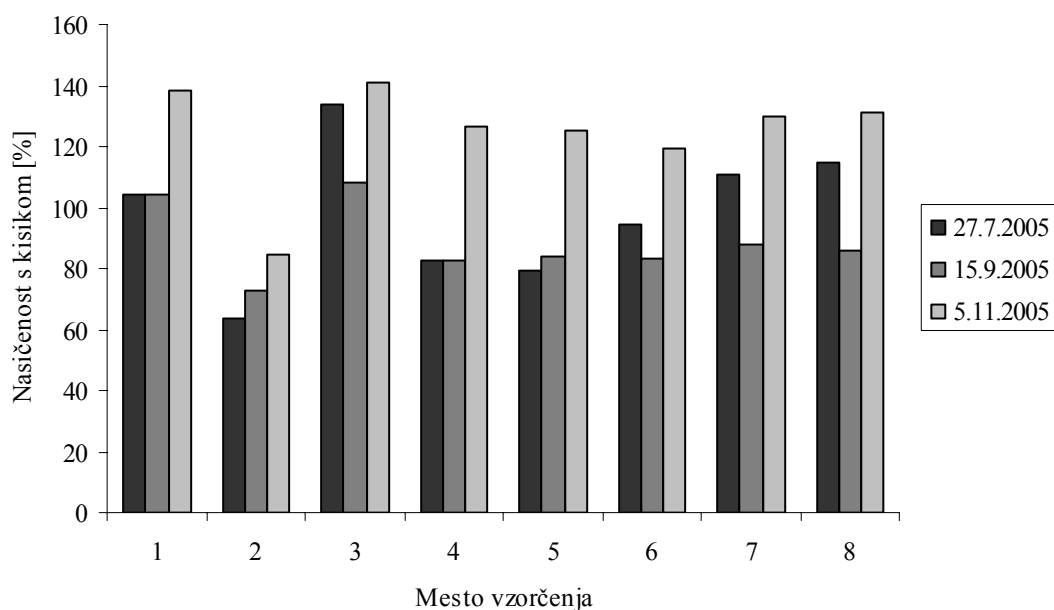
6 REZULTATI

6.1 FIZIKALNE MERITVE IN KEMIJSKA ANALIZA VODE

6.1.1 Kisikove razmere



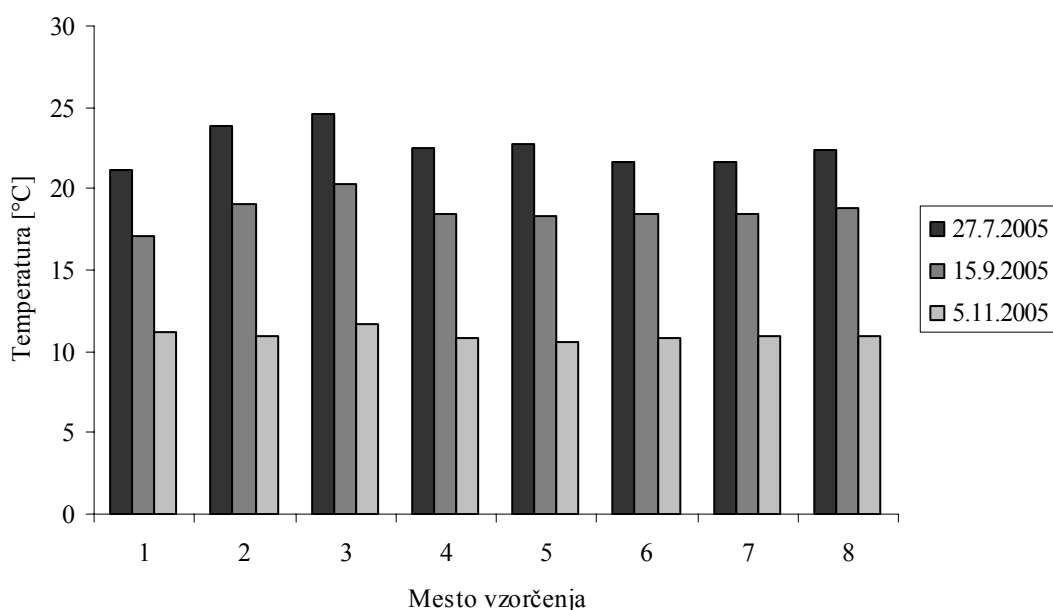
Slika 2: Nasičenost s kisikom [%] na osmih vzorčnih mestih v reki Pesnici



Slika 3: Vsebnost kisika [mg/l] na osmih vzorčnih mestih v reki Pesnici

Meritve smo izvajali podnevi med 9. uro zjutraj in 19. uro popoldne. Vrednosti vsebnosti kisika so bile v območju od 5,2 do 9,8 mg/l, vrednosti nasičenosti s kisikom pa od 63 % do 144 %. Najnižja koncentracija kisika in nasičenost z njim sta bili vsakič izmerjeni na 2. vzorčnem mestu, pred vtokom reke Pesnice v Perniško jezero. Tu je tok upočasnen, sediment je muljast in voda izjemno kalna. Najvišja vsebnost kisika kot tudi njegova nasičenost je bila vsakič izmerjena na 3. vzorčnem mestu, za Perniškim in Pristavskim jezerom, kar bi pripisali visoki fotosintezni aktivnosti v teh dveh jezerih. Nasičenost in vsebnost kisika se, razen pri tretji meritvi, zvezno povečujeta od 5. do 8. vzorčnega mesta. Podrobnejše vrednosti so prikazane v prilogi C.

6.1.2 Temperatura

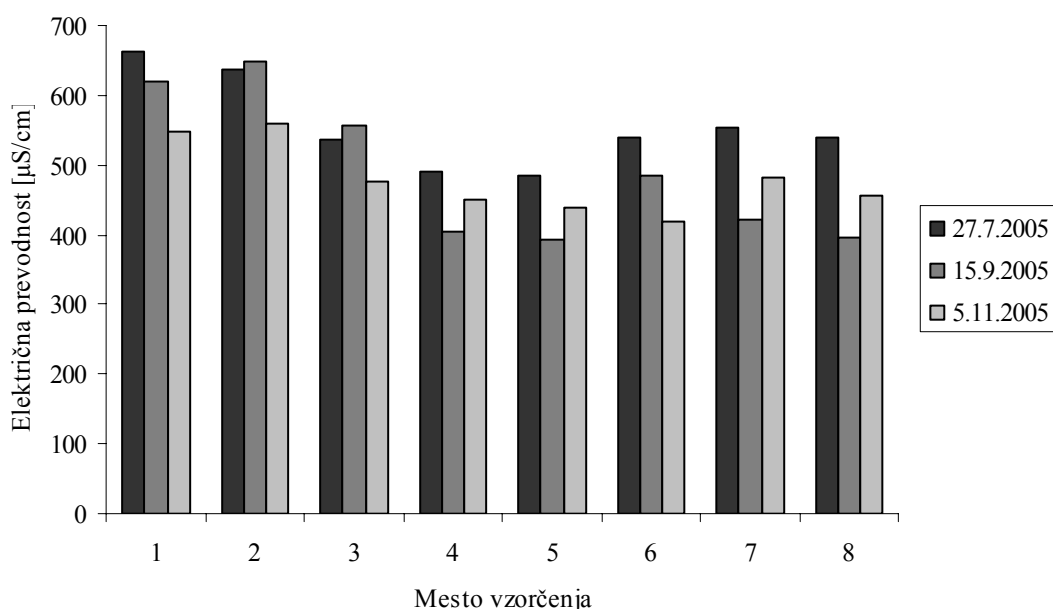


Slika 4: Temperatura [°C] na osmih vzorčnih mestih v reki Pesnici

Meritve smo izvajali podnevi med 9. uro zjutraj in 19. uro popoldne. Očitna razlika med tremi meritvami izhaja iz časa meritev glede na letni čas. Povprečna dnevna temperatura in sončno sevanje v septembru je manjše kot julija, novembra pa manjše kot septembra. Tako je bila najvišja temperatura vode izmerjena meseca julija na 3. vzorčnem mestu 24,6 °C, najnižja pa meseca novembra na 5. mestu, in sicer 10,6 °C. Največja temperaturna nihanja med meritvami so bila izmerjena v mesecu juliju, najmanjša pa meseca novembra.

Pri prvih dveh meritvah je očitno, da je najnižja temperatura v začetnem delu reke, najvišja pa na 3. merilnem mestu, za Pesniškim in Pristavskim jezerom, kjer sončno sevanje vodno površino ogreje. Dolvodno se temperatura spreminja skladno s turbulentnostjo toka reke, osvetljenostjo njene površine ter trajanjem sončnega sevanja, saj se kasneje v dnevu temperatura povišuje. Pri novembrski meritvi je bila najvišja temperatura določena na istem merilnem mestu kot pri prejšnjih dveh meritvah (3. mesto), vendar pa je bila najnižja temperatura izmerjena na 5. mestu. Podrobnejše vrednosti so prikazane v prilogi C.

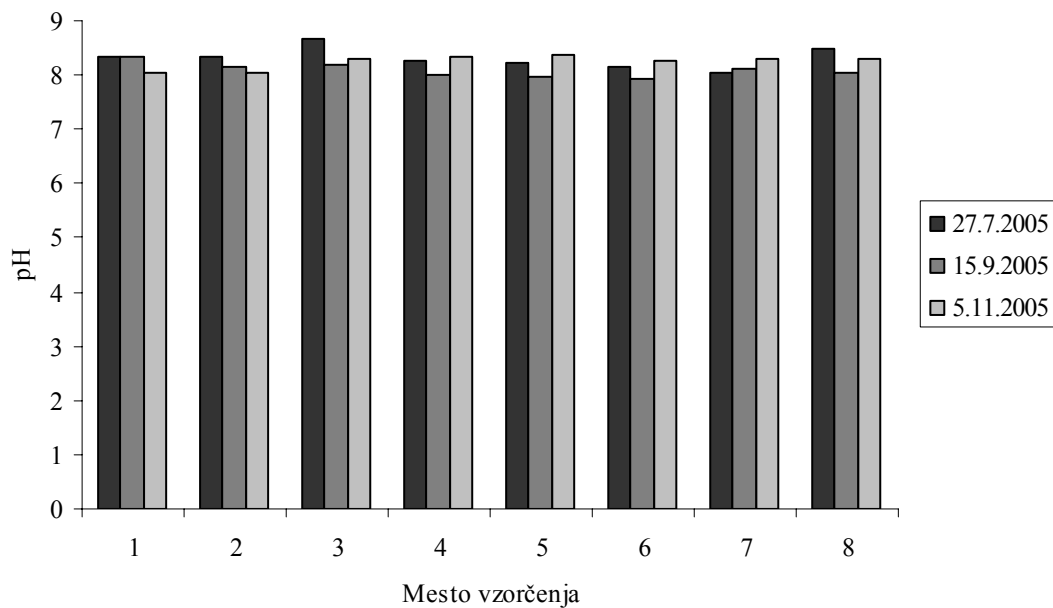
6.1.3 Električna prevodnost



Slika 5: Električna prevodnost vode [$\mu\text{S}/\text{cm}$] na osmih vzorčnih mestih v reki Pesnici

Meritve smo izvajali podnevi med 9. uro zjutraj in 19. uro popoldne. Pri vseh se kaže enak trend. Vrednosti so bile v območju od 397 do 662 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Najvišje vrednosti so v začetnem delu reke na 1. in 2. mestu, najnižje vrednosti so na 5. vzorčnem mestu, za tem naraščajo in na 8. ponovno padajo. Najvišje vrednosti so bile izmerjene v mesecu juliju. Najmanjša razlika znotraj posamezne meritve je določena v mesecu novembru, največja je meseca septembra. Visoke vrednosti prevodnosti kažejo na obremenjenost vodotoka. Podrobnejše vrednosti so prikazane v prilogi C.

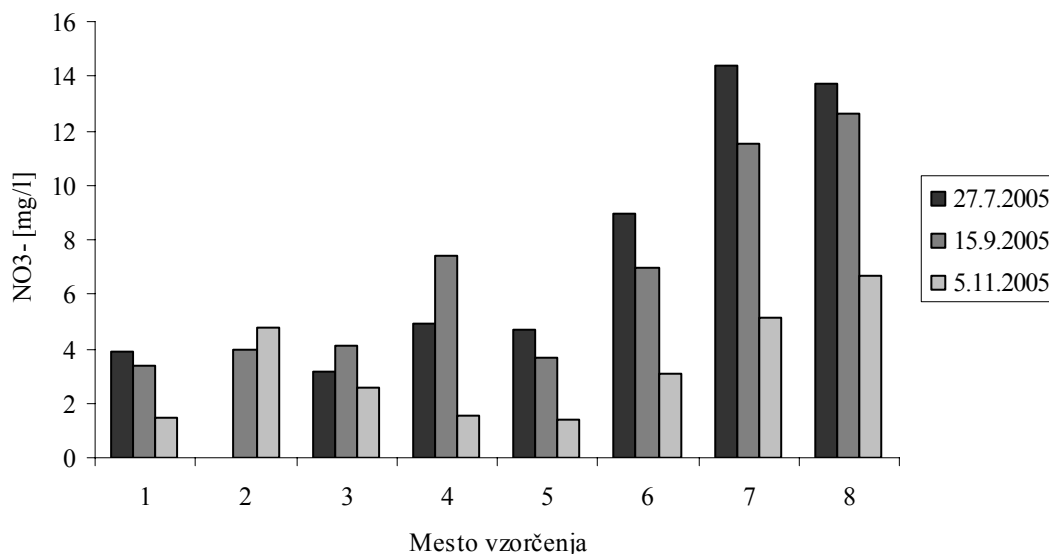
6.1.4 pH



Slika 6: pH vode na osmih vzorčnih mestih v reki Pesnici

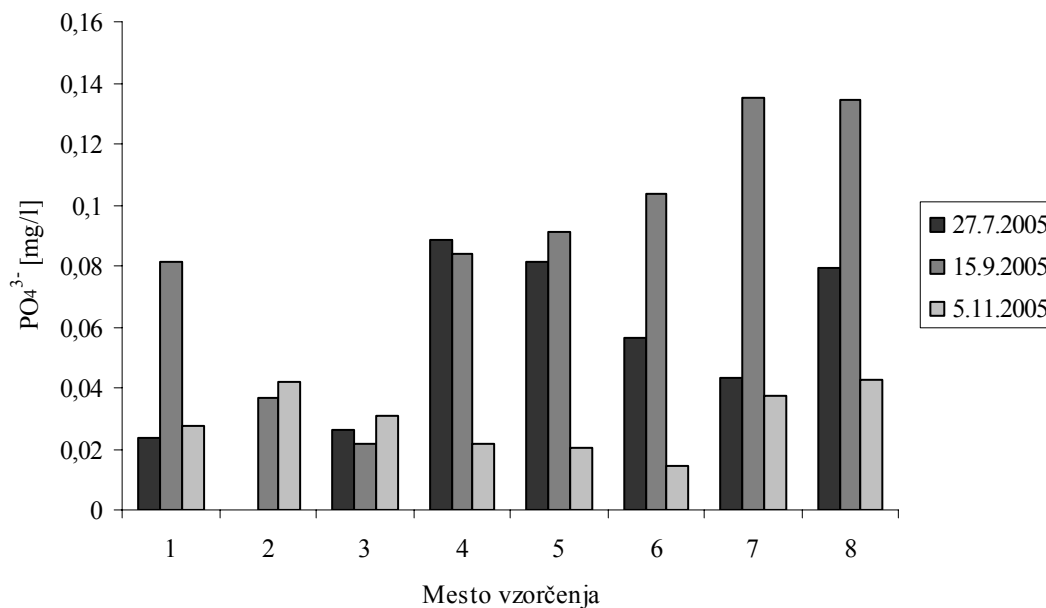
Meritve smo izvajali podnevi med 9. uro zjutraj in 19. uro popoldne. Kot je razvidno iz grafa, se vrednosti pH spreminjajo v območju od 7,9 do 8,6 in ne kažejo nobenega trenda. Največja sprememba je bila izmerjena pri julijski meritvi med 2. in 3. mestom (znaša 0,34 stopnje pH) in jo je moč pripisati visoki fotosintezni aktivnosti v jezerih, saj se pri tem iz vode odvzema CO₂, s čemer se pH zviša. Največje spremembe med pH so opazne pri julijski meritvi, pri obeh kasnejših so razlike manjše, najmanjše pa so novembra. Podrobnejše vrednosti so prikazane v prilogi C.

6.1.5 Vsebnost nitratnih ionov

Slika 7: Vsebnost nitratnih ionov NO_3^- [mg/l] v vzorcih vode reke Pesnice

Izmerjene vrednosti vsebnosti nitratnih ionov so bile v območju od 1,3 do 14,4 mg/l. Vsebnost nitratov je najvišja pri prvi meritvi na 7. mestu in pri naslednjih dveh meritvah na 8. vzorčnem mestu. Vzrok za to je najverjetneje spiranje nitratov s kmetijskih površin, ki prevladujejo v zaledju reke Pesnice. Najnižje vsebnosti nitratov so v začetnem delu reke. Izstopa 5. mesto, kjer so nižje vrednosti kot na predhodnem in sledečem vzorčnem mestu. Najvišje vrednosti so v mesecu juliju, najnižje pa v novembru. Razlike med vrednostmi so največje julija, najmanjše pa novembra. Podrobnejše vrednosti so prikazane v prilogi C.

6.1.6 Vsebnost ortofosfatnih ionov

Slika 8: Vsebnost ortofosfatnih ionov PO_4^{3-} [mg/l] v vzorcih vode reke Pesnice

Izmerjene vrednosti vsebnosti ortofosfatnih ionov so bile v območju od 0,015 do 0,135 mg/l. Vsebnosti ortofosfata so pri prvi meritvi najnižje v začetnem delu reke, skokovito se povešajo na 4. merilnem mestu, nato se postopoma nižajo, in se ponovno povešajo na zadnjem, 8. mestu. Pri drugi (novembrski) meritvi se podobno postopoma znižujejo do 6. mesta, za katerim se njihova vsebnost v rečni vodi povečuje. Zadnja meritev kaže drugačen vzorec, saj je koncentracija ortofosfata najnižja na 3. merilnem mestu, nato pa se nizvodno povečuje. Največje razlike med vrednostmi so znotraj septembrske meritve, najnižje pa novembra. Podrobnejše vrednosti so prikazane v prilogi C.

6.2 MAKROFITI NA PREGLEDANIH ODSEKIH REKE PESNICE

6.2.1 Vrstna sestava makrofitov v reki Pesnici

V pregledanih odsekih reke Pesnice smo popisali 31 taksonov, prikazanih v spodnji tabeli.

| | Latinsko ime | Slovensko ime | Okrajšava | Oblika |
|-----|---|----------------------------|-----------|--------|
| 1 | <i>Bryophyta</i> | – mahovi | Bryo | sa |
| 2 | <i>Equisetum palustre</i> L. | – močvirska preslica | Equ pal | he |
| 3 | <i>Equisetum sylvaticum</i> L. | – gozdna preslica | Equ syl | he |
| 4 | <i>Caltha palustris</i> L. | – navadna kalužnica | Cal pal | he |
| 5 | <i>Myosoton aquaticum</i> (L.) Moench | – navadna mokrica | Myo aqu | he |
| 6 | <i>Rumex hydrolapathum</i> Huds. | – konjska kislica | Rum hyd | am |
| 7 | <i>Epilobium parviflorum</i> Schreber | – drobnocvetni vrbovec | Epi par | he |
| 8 | <i>Lythrum salicaria</i> L. | – navadna krvenka | Lyt sal | he |
| 9 | <i>Myriophyllum spicatum</i> L. | – klasasti rmanec | Myr spi | sa |
| 10* | <i>Impatiens glandulifera</i> Royle | – žlezava nedotika | Imp glan | he |
| 11 | <i>Berula erecta</i> (Huds.) Coville | – ozkolistni koščec | Ber ere | sa/am |
| 12 | <i>Rorippa amphibia</i> (L.) Besser | – prava potočarka | Ror am | he |
| 13 | <i>Rorippa sylvestris</i> (L.) Besser | – gozdna potočarka | Ror syl | he |
| 14 | <i>Myosotis scorpioides</i> L. | – močvirska spominčica | Myo sco | he |
| 15 | <i>Veronica anagallis-aquatica</i> L. | – vodni jetičnik | Ver aa | am |
| 16 | <i>Lycopus europaeus subsp. europaeus</i> Murr | – navadni regelj | Lyc eu | he |
| 17 | <i>Butomus umbellatus</i> L. | – kobulasta vodoljuba | But um | sa/am |
| 18 | <i>Alisma lanceolatum</i> With. | – suličastolistni porečnik | Ali lan | am |
| 19 | <i>Elodea canadensis</i> L.C. Rich | – vodna kuga | Elo can | sa |
| 20 | <i>Potamogeton nodosus</i> Poir. | – kolenčasti dristavec | Pot nod | fl |
| 21 | <i>Potamogeton perfoliatus</i> L. | – preraslolistni dristavec | Pot per | sa |
| 22 | <i>Potamogeton pectinatus</i> L. | – češljasti dristavec | Pot pec | sa |
| 23 | <i>Potamogeton crispus</i> L. | – kodravi dristavec | Pot cri | sa |
| 24 | <i>Zannichellia palustris</i> L. | – močvirska vodopivka | Zan pal | sa |
| 25 | <i>Iris pseudacorus</i> L. | – vodna perunika | Iri pse | he |
| 26 | <i>Schoenoplectus lacustris</i> (L.) Palla | – jezerski biček | Sch lac | he |
| 27 | <i>Typha latifolia</i> L. | – širokolistni rogoz | Typ lat | he |
| 28 | <i>Sparganium</i> sp. | – ježek | Spa sp | sa |
| 29 | <i>Phalaris arundinacea</i> L. | – pisana čužka, pisanka | Pha aru | he |
| 30 | <i>Agrostis stolonifera</i> L. | – plazeča šopulja | Agr sto | he |
| 31 | <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin ex. Steud | – navadni trst | Phr aus | he |

Tabela 1: Seznam makrofitov z okrajšavo in njihovo rastno obliko v reki Pesnici

*V tabeli 1, pod številko 10 navedena vrsta, *Impatiens glandulifera* – žlezava nedotika, ni vključena v nadaljne prikaze (slike 9 – 13 in 20 – 22).

Makrofite smo opredelili glede na rastno obliko (terminologija po dogovoru na delavnici Expert Group »Macrophytes«, mednarodnega združenja za raziskave Donave EGM – IAD (International Association for Danube Research) v Mosonmagyaróvárju 1998; Janauer, 2002):

ap = (acro-pleustophytes) plava na vodni površini, neukoreninjena rastlina,

sp = (submersed pleustophytes) ni pritrjena v sediment, potopljena, ne plava na površini,

sa = (submersed anchored) potopljena, pritrjena v sediment ali na podlago s koreninami, rizoidi ali drugimi pritrjevalnimi organi,

fl = (floating leaf rooted plant) ukoreninjena, prisotni plavajoči in/ali potopljeni listi,

am = (amphiphytes) amfibijska rastlina, ki se istočasno pojavlja v vodi kot tudi na bregu,

he = (helophytes) obrežna rastlina, še očitno povezana z vodnim telesom, močvirska rastlina.

Kot je iz tabele 1 razvidno, smo pri popisu prisotnosti makrofitov v reki Pesnici ugotovili, da je več kot polovica vrst predstavnikov močvirskih rastlin, helofitov (he). Po številu sledijo potopljene pritrjene oblike (sa) in amfibijske rastline (am). Rastne oblike rastlin s plavajočimi listi (fl) so zastopane z eno samo vrsto. Najmanj ugodna rastna oblika je plavajoča nepritrjena (ap), ki ni prisotna oziroma se občasno pojavi na določenih mestih vtoka pritokov in kanalov melioracijskega sistema, v sami reki Pesnici pa ni obstojna.

6.2.2 Razporeditev in pogostost makrofitov v reki Pesnici

Ocena abundance makrofitskih vrst s pomočjo 5-stopenjske lestvice (Kohler in sod., 1971):

Pogostost:

1 = posamična,

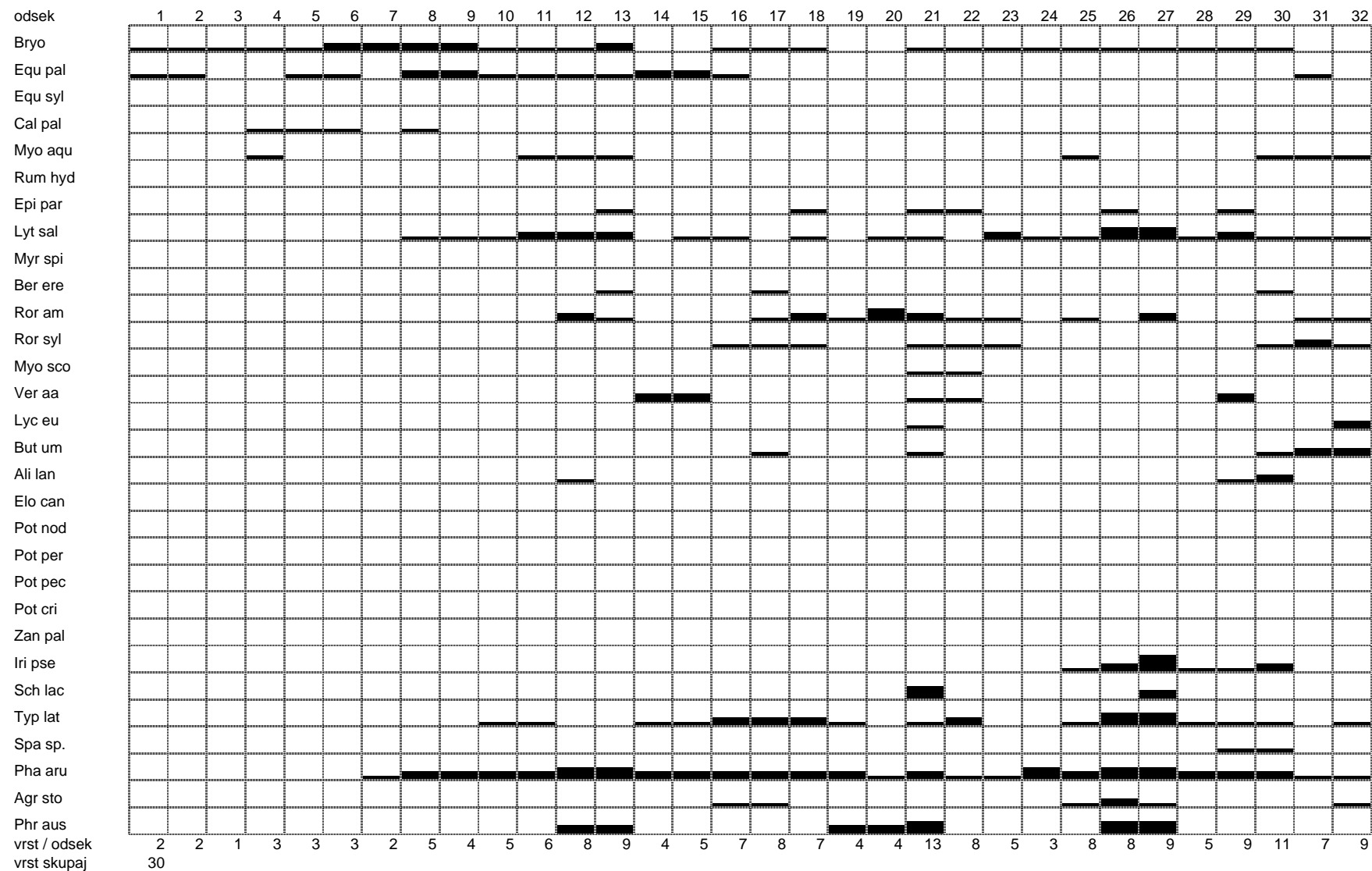
2 = redka,

3 = pogosta,

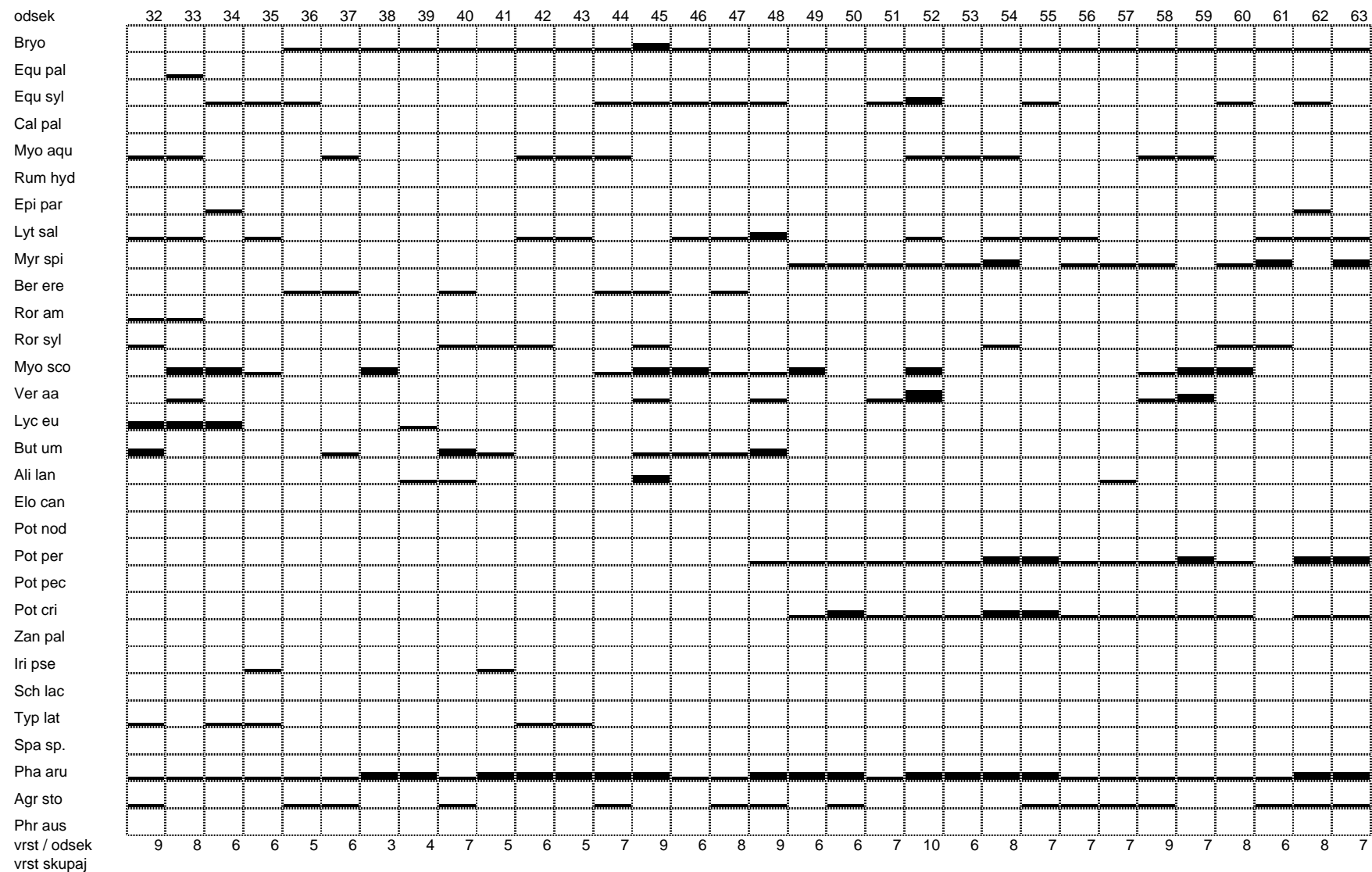
4 = množična,

5 = prevladujoča.

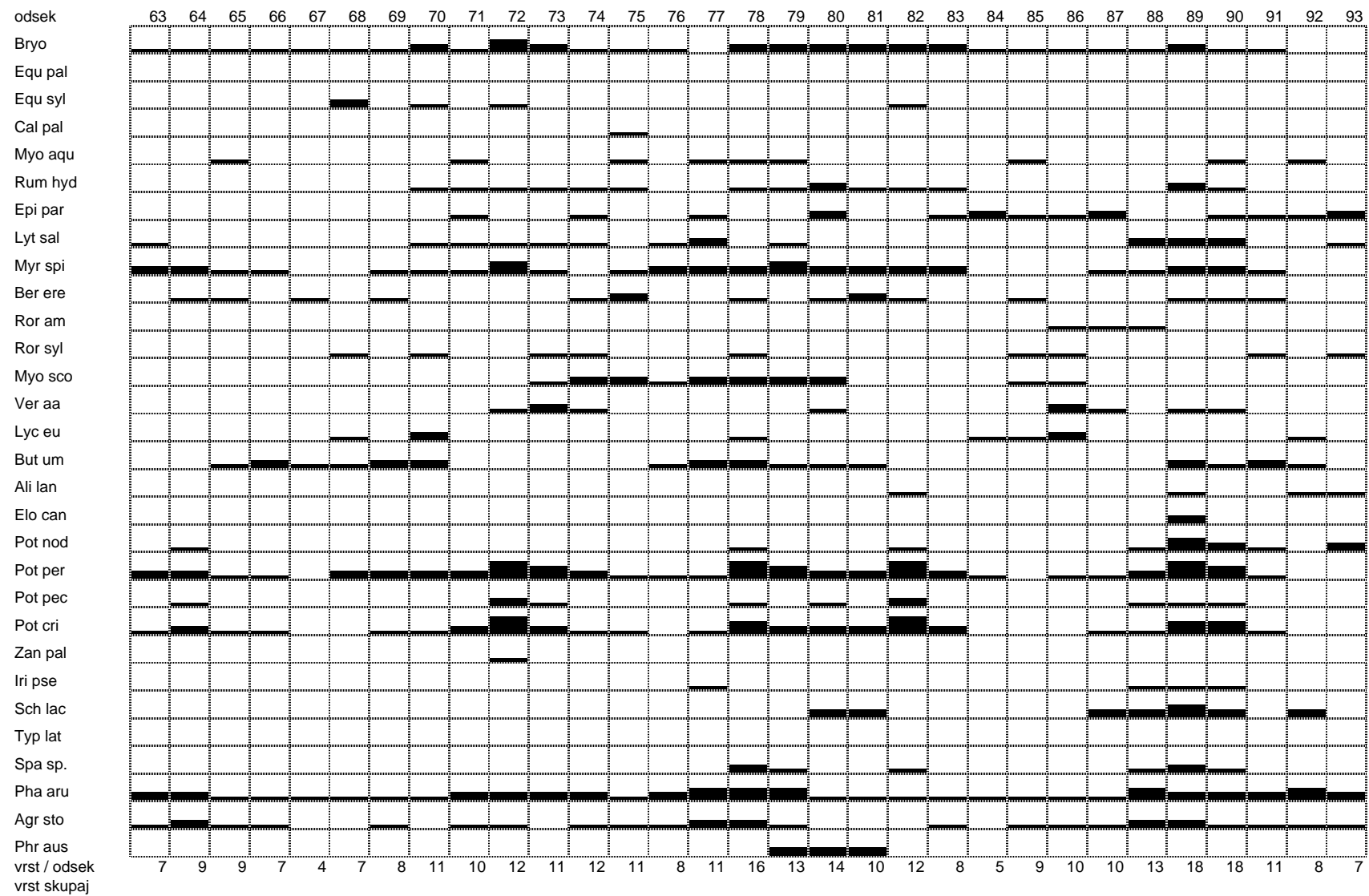
Rezultati popisa pogostosti vrst v reki Pesnici so predstavljeni grafično (Slike 9a, 9b in 9c).



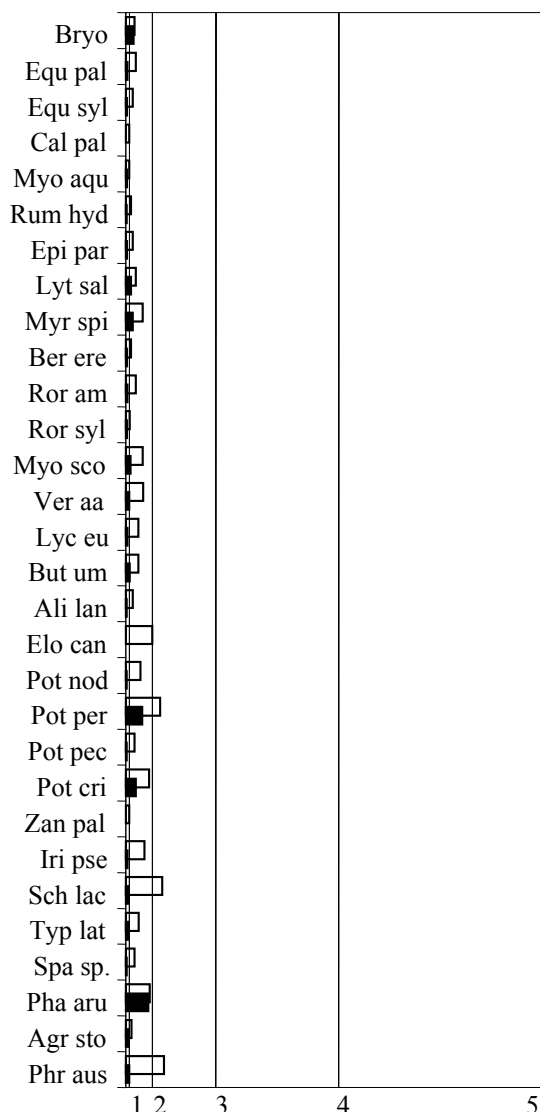
Slika 9a: Razporeditev in pogostost makrofitov v reki Pesnici, odseki 1 – 31



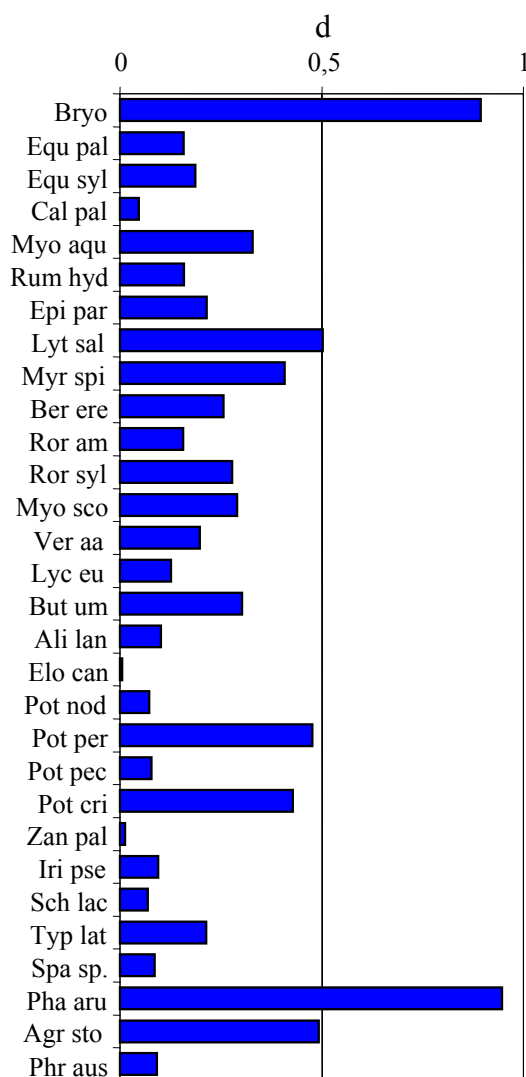
Slika 9b: Razporeditev in pogostost makrofitov v reki Pesnici, odseki 32 – 62



Slika 9c: Razporeditev in pogostost makrofitov v reki Pesnici, odseki 63 – 93

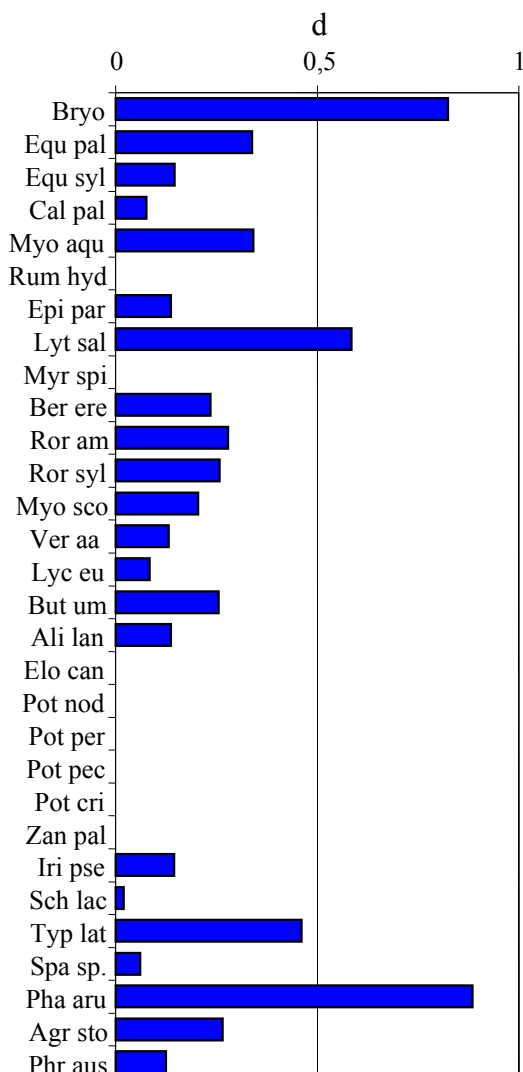


Slika 10: Povprečni masni indeks makrofitov v reki Pesnici (MMT – črne oznake, MMO – bele oznake)

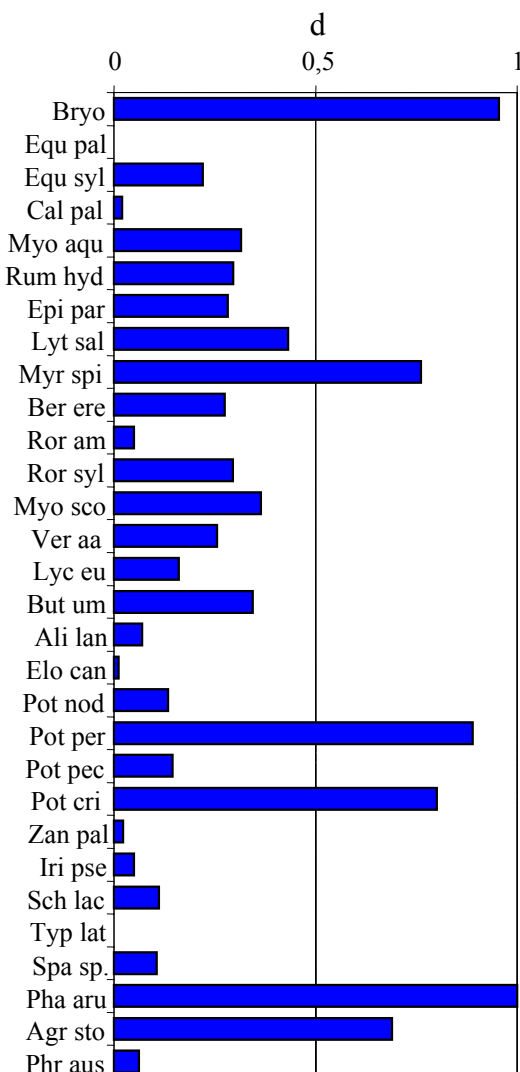


Slika 11a: Skupni delež odsekov reke Pesnice, v katerih je bil makrofit prisoten (odseki 1 – 93)

Reka Pesnica je vrstno revnejša v začetnem delu srednjega toka (slike 9a – 9c). Stanje srednjega toka se izboljša ob obeh jezerih, kjer je popisana najvišja vrstna pestrost s 13 taksoni. Vrstno bogatejši je spodnji tok, od vasi Mezgovci naprej (odsek 70) so števila nad deset običajna. Največ taksonov v določenem odseku je 18 (odseka 90 in 91). Vsi popisani makrofiti se pojavljajo v manjšem številu (slika 10), večinoma posamično in redko, pogosti so le nekateri in izjemoma kakšen se pojavlja množično. Najpogostejši taksoni (slika 11a) so *Phalaris arundinacea*, *Bryophyta*, *Lythrum salicaria* in *Agrostis stolonifera*, sledijo *Potamogeton perfoliatus*, *Potamogeton crispus* ter *Myriophyllum spicatum*.

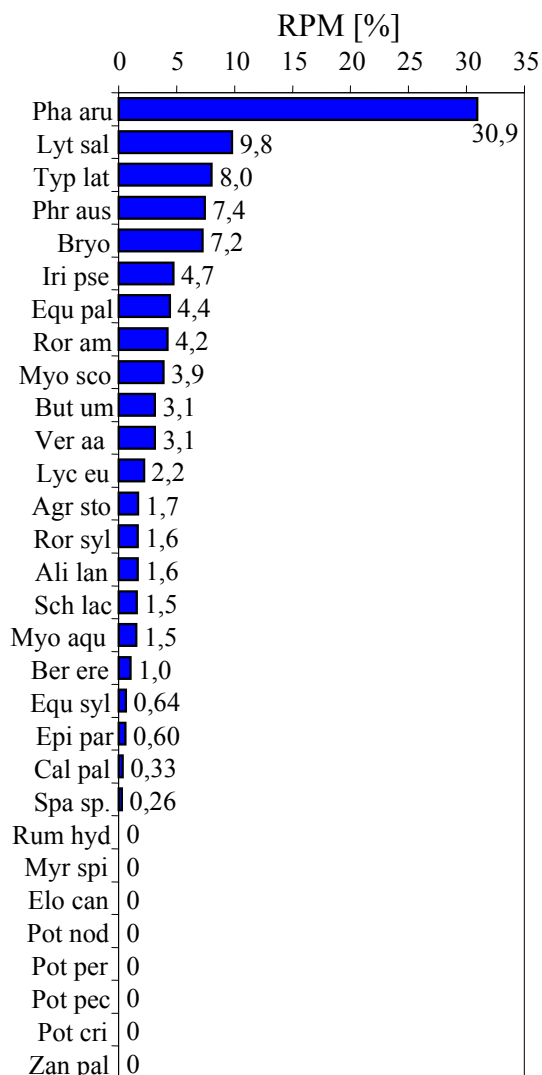


Slika 11b: Delež odsekov srednjega toka reke Pesnice, v katerih je bil makrofit prisoten (odseki 1 – 47)

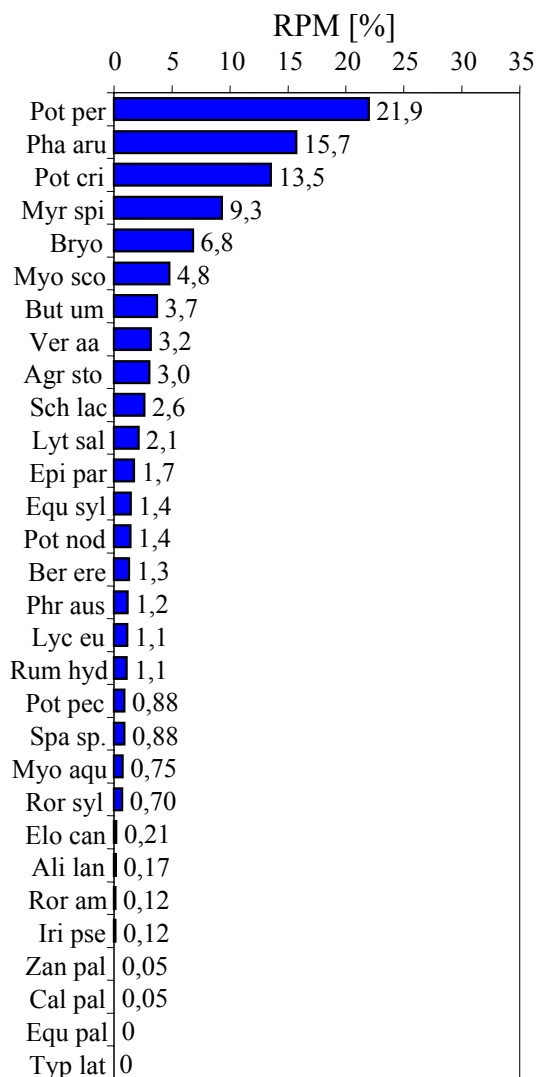


Slika 11c: Delež odsekov spodnjega toka reke Pesnice, v katerih je bil makrofit prisoten (odseki 48 – 93)

Primerjava pojavljanja vrst v srednjem in spodnjem toku je pokazala sledeče razlike. V spodnjem toku so bili popisani potopljeni makrofiti, ki v srednjem toku niso prisotni (*Potamogeton perfoliatus*, *Potamogeton crispus*, *Myriophyllum spicatum*) in se pojavljajo v več kot tri četrt odsekih spodnjega toka. Na novo se tudi pojavijo vrste *Potamogeton nodosus*, *Potamogeton pectinatus*, *Rumex hydrolapathum*, *Zannichellia palustris* in *Elodea canadensis*, zadnji dve v le enem odseku in na enem samem mestu. Pogostejši so vsi ostali potopljeni makrofiti (*Berula erecta*, *Butomus umbellatus* in *Sparganium erectum*). Za razliko v spodnjem toku nista bili popisani dve vrsti, *Equisetum palustre* in *Typha latifolia*.

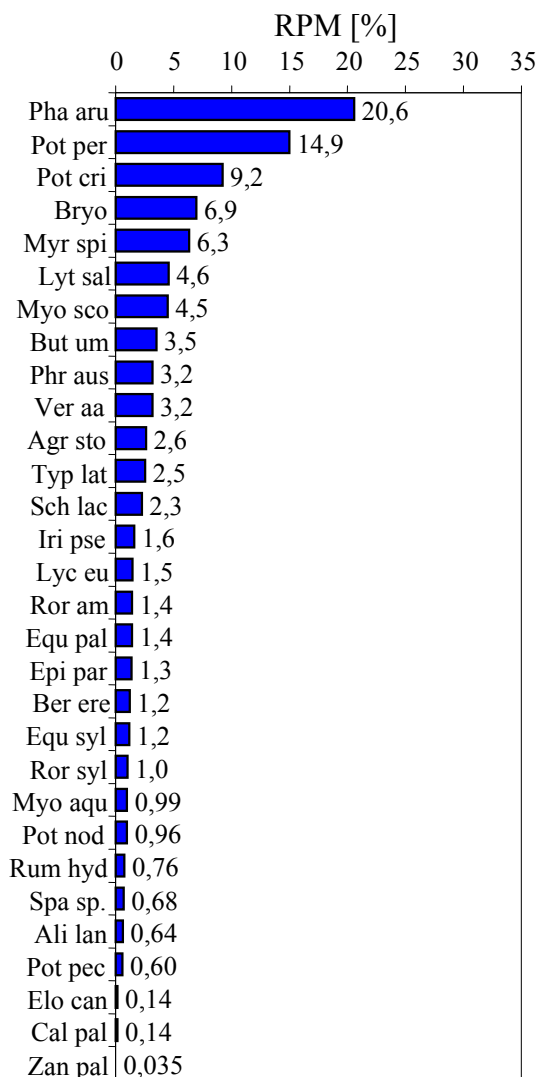


Slika 12a: Relativna rastlinska masa makrofitov v srednjem toku reke Pesnice (odseki 1 – 47)



Slika 12b: Relativna rastlinska masa makrofitov v spodnjem toku reke Pesnice (odseki 48 – 93)

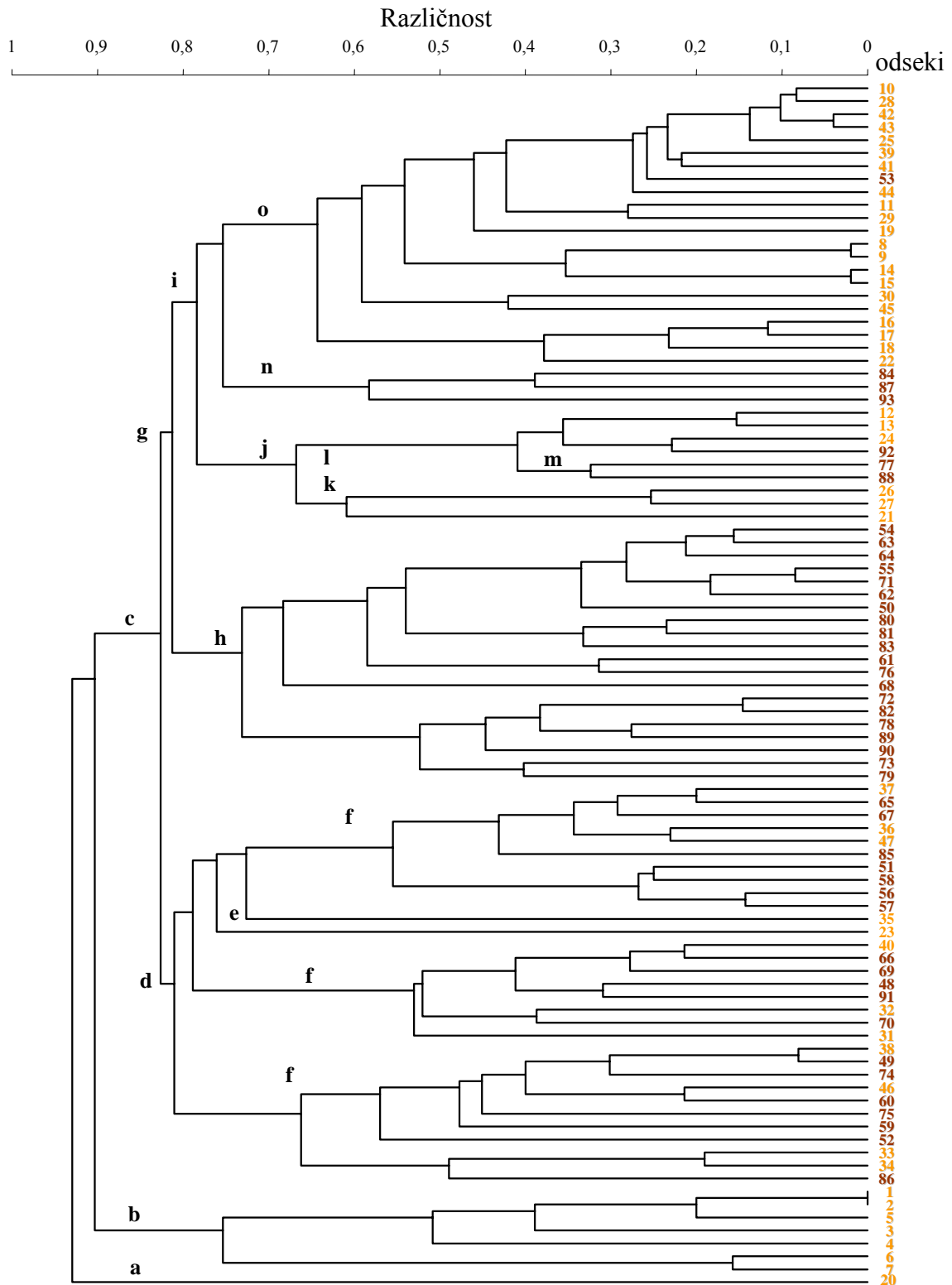
Primerjava relativne rastlinske mase makrofitov v srednjem in spodnjem toku je pokazala sledeče razlike. V srednjem toku je vodilna vrsta *Phalaris arundinacea* (30,9 %), sledijo ji *Lythrum salicaria* (9,8 %), *Typha latifolia* (8 %) in *Phragmites australis* (7,4 %). Več kot 5 % predstavljajo le še mahovi (7,2 %). V spodnjem toku prisotne vrste potopljenih makrofitov, ki jih v srednjem toku ni, predstavljajo skupaj skoraj polovico (47,2 %) relativne mase rastlin spodnjega toka. *Potamogeton perfoliatus* je vodilna vrsta (21,9 %), sledijo *Phalaris arundinacea* (15,7 %), *Potamogeton crispus* (13,5 %), *Myriophyllum spicatum* (9,3 %), nad 5 % predstavljajo le še mahovi (6,6 %).



Slika 12c: Skupna relativna rastlinska masa makrofitov v reki Pesnici (odseki 1 – 93)

V celotni pregledani strugi reke Pesnice predstavlja največji delež relativne rastlinske mase emergentna *Phalaris arundinacea* (20,6 %), sledijo ji *Potamogeton perfoliatus* (14,9 %), *Potamogeton crispus* (9,2 %), mahovi (6,9 %), *Myriophyllum spicatum* (6,3 %), *Lythrum salicaria* (4,6 %), *Myosotis scorpioides* (4,5 %), *Butomus umbellatus* (3,5 %). Ostale vrste predstavljajo posamično manj kot 3,5 % mase, vendar skupno 29,4 %. Vrste potopljenih makrofitov, ki se pojavljajo edino v spodnjem toku, predstavljajo skupaj 32,3 % relativne rastlinske mase celotnega pregledanega toka reke Pesnice. Skupno so helofiti ocenjeni na 56 %, vse ostale rastline pa na 44 % relativne rastlinske mase.

6.2.3 Dendrogram različnosti glede na prisotnost in pogostost vrst



Slika 13: Dendrogram različnosti pregledanih odsekov reke Pesnice glede na prisotnost in pogostost vrst (barvne številke odsekov: srednji tok – oranžna barva, spodnji tok – rjava barva; črke so dodane zaradi preglednosti in so obrazložene v nadaljevanju)

Na dendrogramu različnosti glede na prisotnost in pogostost vrst (slika 13) je prikazanih 93 pregledanih odsekov reke Pesnice. Črke na dendrogramu različnosti (a – m) predstavljajo posamezne veje ali razvejitve in so obrazložene v nadaljevanju.

Od vseh pregledanih odsekov se najbolj razlikuje odsek 20 (a). Naslednji glede na indeks različnosti so odseki 1 – 7 (b) na začetku srednjega toka reke Pesnice. Ti odseki imajo, glede na ostale odseke, indeks različnosti večji od 0,9. Preostali odseki se razdelijo v dve skupini (c), z medsebojnim indeksom različnosti, večjim od 0,8. Prvo skupino (d) predstavljajo odseki srednjega in spodnjega toka mešano (e in f). Sem spada končni del srednjega toka reke z odseki nad 30 (izjema je le odsek 23). Skupina se nadaljuje z začetnimi odseki spodnjega toka in večino odsekov od 48 do 70. Odseki z višjimi številkami so tu le redki (izjeme so odseki 75, 85, 86 in 91). V celotni skupini (d) se glede na prisotnost in pogostost vrst posamično najbolj razlikujeta odseka 23 in 35 (e). Drugo vejo (g) tvori prva skupina s pretežno odseki srednjega toka (i) in druga skupina z izključno odseki spodnjega toka (h). Ti dve se medsebojno razlikujeta za indeks, večji od 0,8. Od veje s prevladujočimi odseki srednjega toka (i), se z največjo različnostjo ločijo določeni končni odseki spodnjega toka ((n) odseki 84, 87, 93). Tudi preostali odseki spodnjega toka, ki se pojavljajo v tej skupini (i), so iz končnega dela reke ((m) odseki 77, 82, 92). Večina odsekov srednjega toka, z izjemo že prej omenjenih, je zbranih v eni skupini (o), kjer je ocenjen indeks različnosti največ 0,65. To homogenost zastopanosti, z izključno odseki srednjega toka, moti le en odsek spodnjega toka (53). Znotraj druge velike skupine (h), ki se od ostalih značilno razlikuje z indeksom okrog 0,82, je zbrana skoraj polovica (20) odsekov spodnjega toka. Različnost znotraj te skupine je ocenjena na največ 0,74.

6.2.4 Ocena kakovosti vode glede na pojavljanje makrofitov

V rastlinski združbi se zaradi onesnaženja zmanjša diverziteteta, manjša je zastopanost za onesnaženje občutljivih vrst, poveča pa se število vrst, ki so odporne na onesnaženje. Na podlagi različnih vzorcev razporeditve vodnih makrofitov lahko določimo indikatorsko vrednost posamezne vrste glede na stopnjo organskega onesnaženja (Gaberščik, 1997). Haslam (1987) navaja več prednosti, ki jih imajo makrofiti kot bioindikatorji. Tako so ponavadi pritrjeni in relativno veliki, število vrst je v primerjavi z nevretenčarji razmeroma majhno. Organski izpusti vplivajo na nevretenčarje manj kot na makrofite, omogočajo oceno stanja vode in sedimenta, s pregledom pa ponavadi ne poškodujemo mest vzorčenja.

V spodnji tabeli so navedene vrste makrofitov v reki Pesnici, ki se pojavljajo v povezavi z določeno vsebnostjo hranil v vodi (Haslam, 1987). Četudi imajo več habitatov, so navedene le enkrat, in sicer v tistem, ki je zanje bolj značilen.

| Rastna oblika Habitati | Natantni in submerzni makrofiti | Nizki emerzni makrofiti | Visoki emerzni makrofiti |
|----------------------------------|---|---|--|
| 1. revni s hranili | | | |
| 2. manj revni s hranili | <i>Bryophyta</i> | <i>Caltha palustris</i> <i>Equisetum palustre</i> | |
| 3. srednje bogati s hranili | | <i>Berula erecta</i> <i>Myosotis scorpooides</i> <i>Veronica anagallis-aquatica</i> | <i>Iris pseudacorus</i> |
| 4. blizu evtrofnim | <i>Elodea canadensis</i> <i>Myriophyllum spicatum</i> <i>Zannichellia palustris</i> | | <i>Typha latifolia</i> <i>Phragmites australis</i> |
| 5. bogati s hranili, evtrofni | <i>Potamogeton crispus</i> <i>Potamogeton pectinatus</i> | <i>Rorippa amphibia</i> | <i>Schoenoplectus lacustris</i> <i>Butomus umbellatus</i> <i>Rumex hydrolapathum</i> |

Tabela 2: Za določeno vsebnost hranil v vodi značilni makrofiti, prisotni v reki Pesnici

Glede na tabelo 2 in na rezultate pojavljanja ter razporeditve makrofitov, lahko ugotovimo, da so makrofiti, značilni za s hranili revne habitate, popolnoma odsotni. V reki Pesnici se le v začetnem delu srednjega toka reke pojavljajo makrofiti, ki so značilni za s hranili manj revne habitate. Njihova prisotnost je redka, izjema so mahovi, ki so pogosti. Večina vrst, ki se jih da opredeliti glede na pojavljanje v povezavi z določeno vsebnostjo hranil v vodi in so zanje značilne, se povezuje s habitatami, ki so srednje bogati, blizu evtrofnim in s hranili zelo bogati, torej evtrofni.

6.3 ŠIRŠA OKOLJSKA OCENA REKE PESNICE (RCE metoda)

Vzporedno s popisovanjem makrofitov, smo na odsekih spremljali stanje vodotoka po slovenski različici metode RCE. Zanimala nas je izraba tal v zaledju struge, ocenili smo širino obrežnega pasu ter sestavo in sklenjenost vegetacije v le-tem. Pri strugi smo bili pozorni na obliko, na usedline in na zadrževalne strukture v njej. Opazovali smo stopnjo spodjedanja bregov in njihovo strukturo. Zabeležili smo tudi sestavo dna vodotoka, pojavljanje brzic, tolmunov in meandrov ter tip prevladujočega detrita. Teh dvanajst parametrov smo primerno ovrednotili.

Na podlagi zbranih podatkov smo za vodotok izdelali dva prikaza. Prvi je prikaz s tabelami (slike 14a, 14b in 14c), ki prikazujejo stanje posamezne indikatorske značilnosti RCE v vsakem odseku vodotoka s senčenjem. Stanja so lahko štiri: neokrnjeno, dobro, slabše in najslabše.

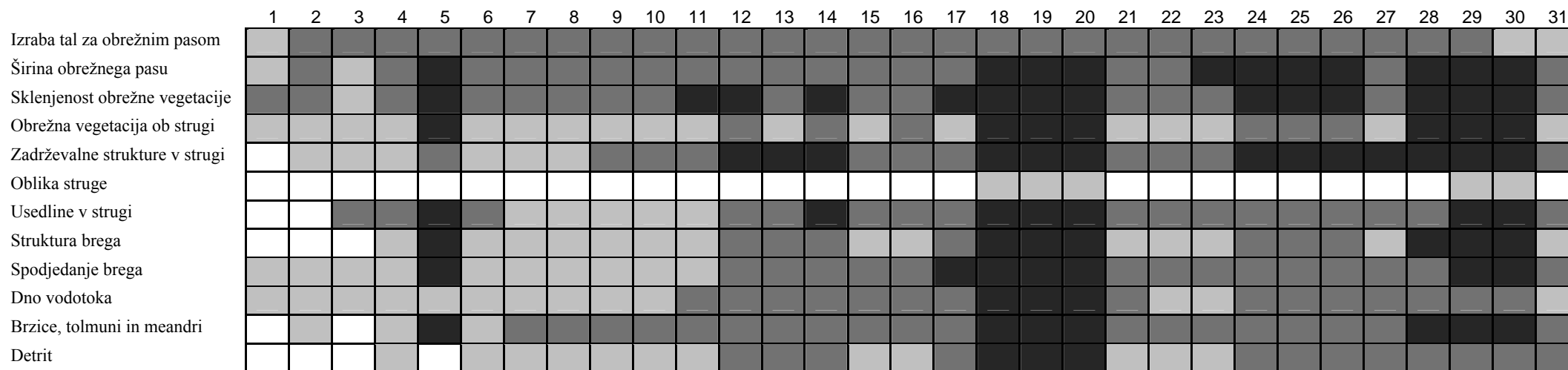
Drugi prikaz je graf (slika 15), ki kaže zbrano število točk v vsakem odseku in njegovo uvrstitev v enega od petih RCE kakovostnih razredov, ponazorjenih z barvami:

Razred I (227 – 280 točk): modra barva predstavlja odlično stanje vodotoka, ki ga je priporočeno zaščititi.

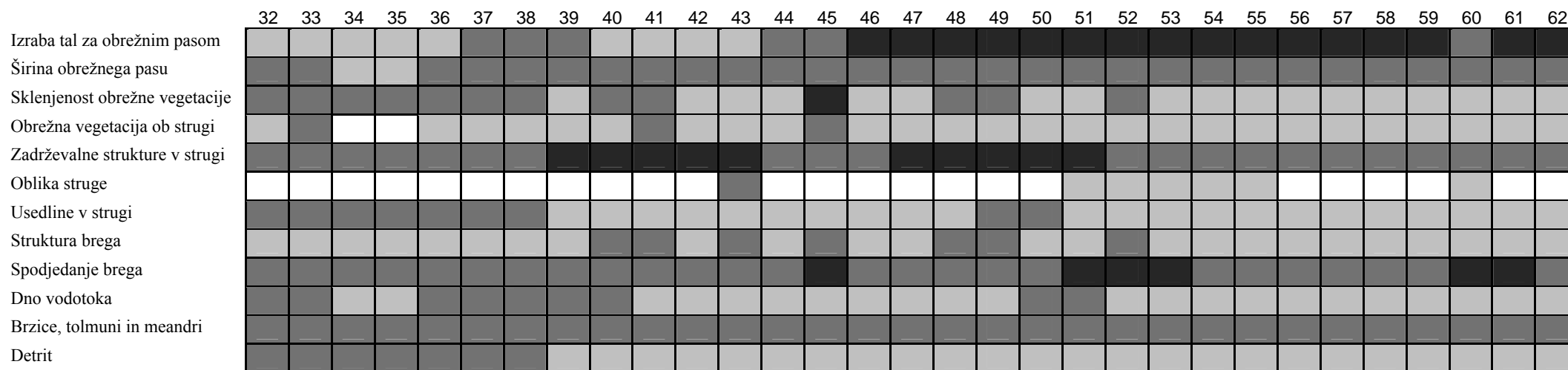
Razred II (173 – 226 točk): zelena barva predstavlja zelo dobro stanje vodotoka, kjer so potrebne spremembe na posameznih odsekih.

Razred III (119 – 172 točk): rumena barva predstavlja dobro stanje vodotoka, potrebne so manjše spremembe vzdolž večjega dela struge.

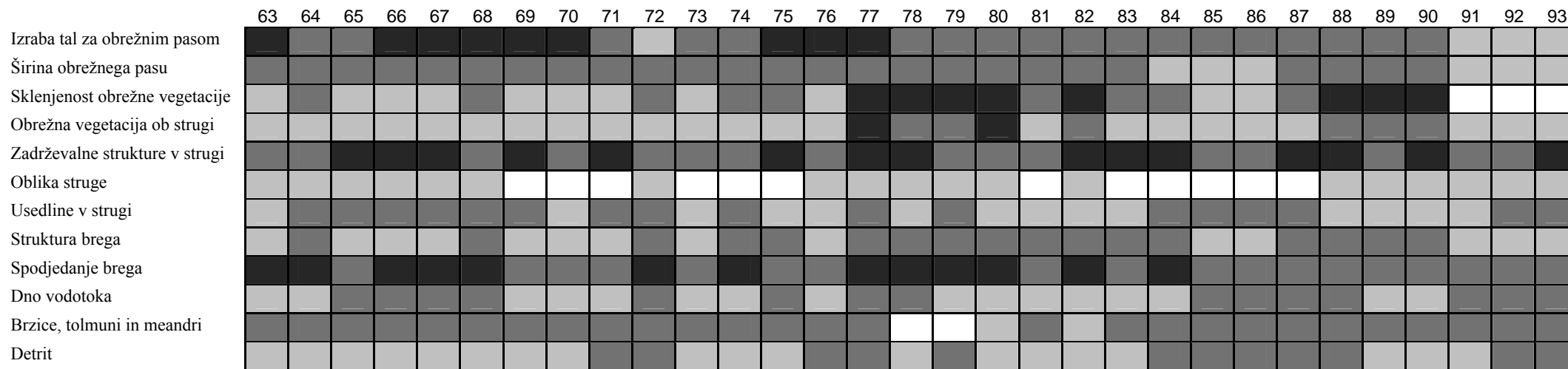
Razreda IV (65 – 118 točk) in V (12 – 64 točk): rjava in rdeča barva predstavljata slabo in zelo slabo stanje vodotoka, pri katerih je potrebno blažiti učinke iz zaledja. Pri vodotoku v razredu IV so potrebne večje spremembe struge, v razredu V pa reorganizacija struge.



Slika 14a: Kategorije okoljskih spremenljivk v reki Pesnici (prikaz s senčenjem, odseki 1 – 31)



Slika 14b: Kategorije okoljskih spremenljivk v reki Pesnici (prikaz s senčenjem, odseki 32 – 62)

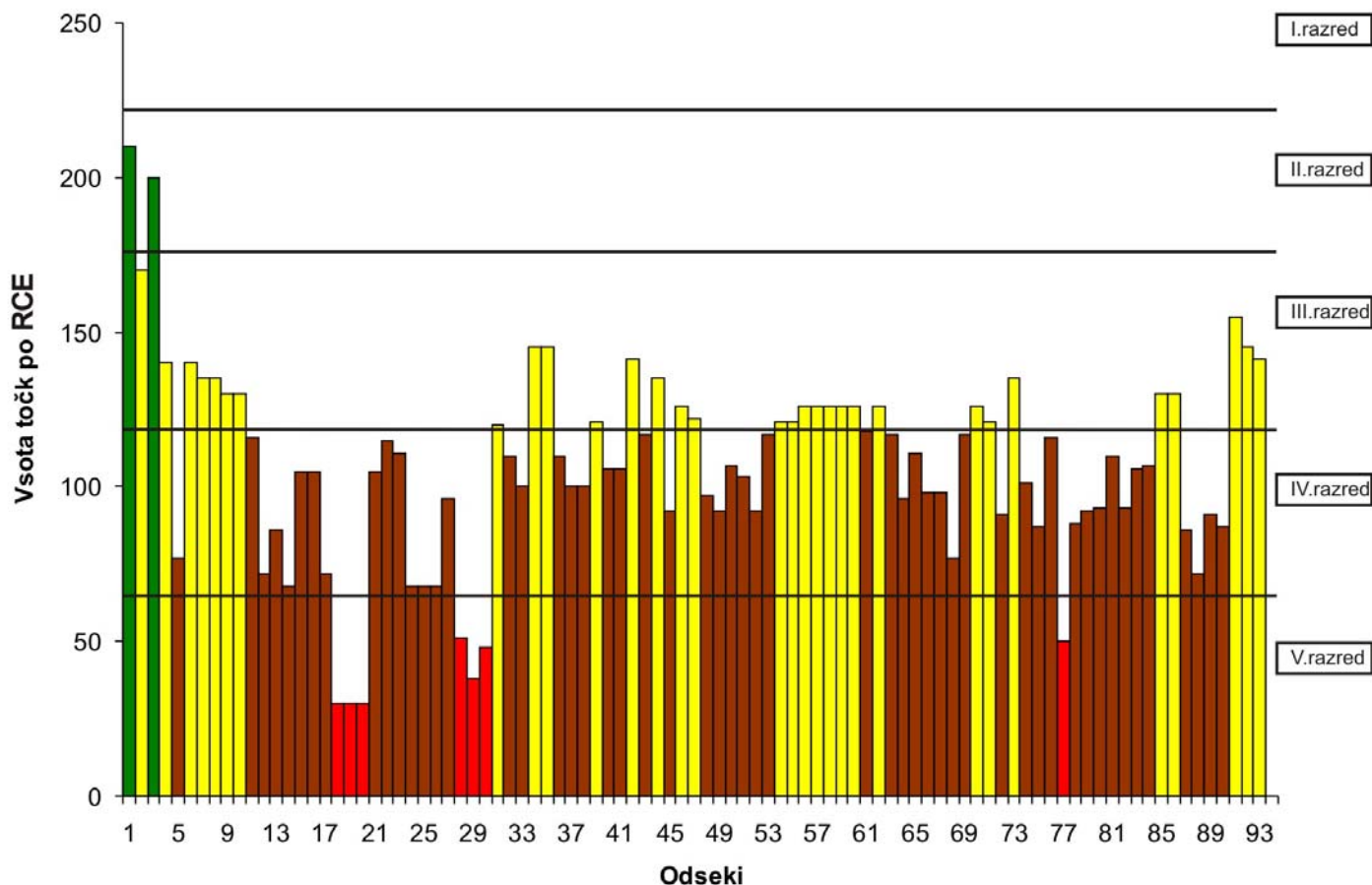


Slika 14c: Kategorije okoljskih spremenljivk v reki Pesnici (prikaz s senčenjem, odseki 63 – 93)

Legenda senčenja:

Neokrnjeno stanje
 Dobro stanje
 Slabše stanje
 Najslabše stanje





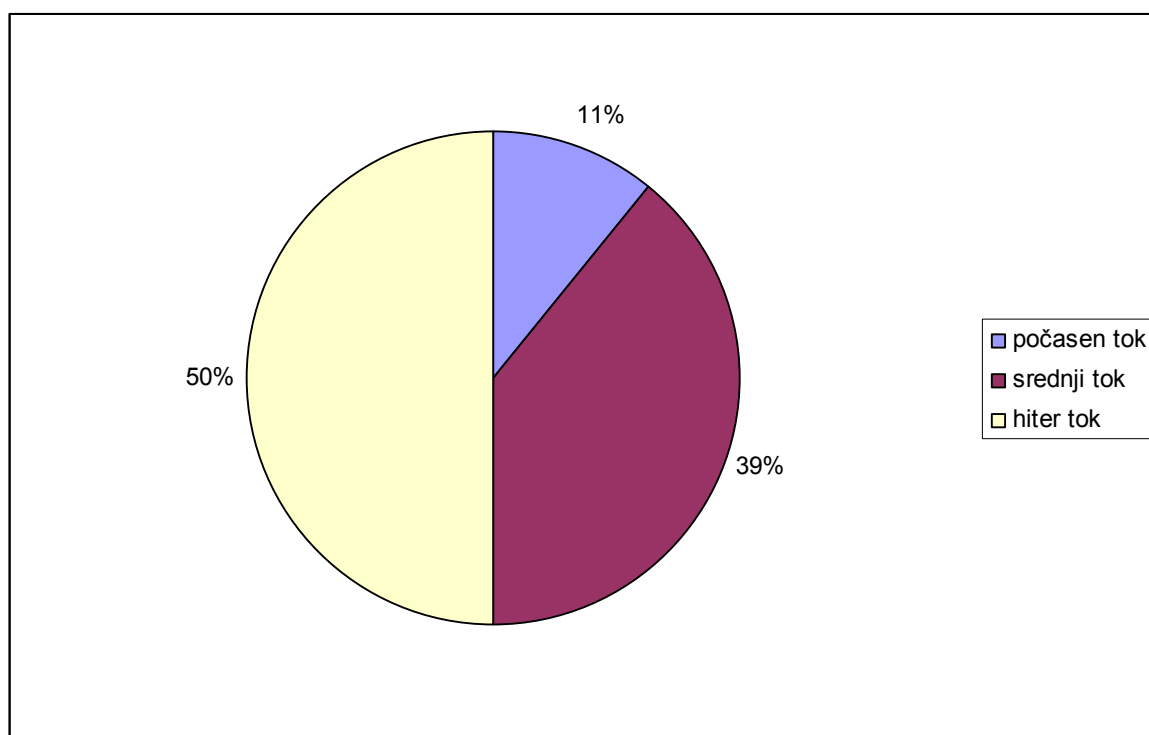
Slika 15: Število točk in RCE kakovostni razred za posamezen odsek reke Pesnice

Večino pregledanega dela reke Pesnice lahko uvrstimo v 4. in 3. RCE kakovostni razred. V najboljšem stanju je začetni del, v 2. razred spadata 1. in 3. odsek, temu se močno približa 2. odsek. Najslabše so ocenjeni odseki 18, 19, 20, 28, 29, 30 in 77, ki spadajo v 5. razred. Najslabše ocenjene kategorije so tip zaledja, širina obrežnega pasu, zadrževalne strukture v strugi, spodjedanje bregov ter pojavljanje brzic, tolmunov in meandrov. V zaledju prevladujejo obdelovalne površine, obrežni pas se nahaja znotraj protipoplavnega nasipa in je večinoma ozek. Sklenjenost vegetacije je prekinjana, sestavljena večinoma iz trav ter pionirskih vrst dreves in grmovja, zadrževalnih struktur v strugi je malo. Najbolje je ocenjena oblika struge v odnosu do poplavljanja, čeprav je potrebno opozoriti, da je reka večinoma obdana s protipoplavnim nasipom, da sta obe jezera umetni, ustvarjeni predvsem v namene zadrževanja presežka vode. Kriterij usedlin v strugi je bolje ocenjen od realnega, saj je vodotok načeloma kanaliziran, vendar so druge značilnosti bolj izrazite. Breg je večinoma delno utrjen z drevesi in grmovjem ali travami, spodjedanje je skoraj povsod prisotno, ponekod se breg tudi ruši. Dno je lahkogiblivo kamnito, s peskom in gramozom. Brzice, meandri in tolmini so redki, na dnu je redko les ali listje, sedimenta ni.

6.4 OCENA HABITATNIH PARAMETROV (MIDCC metoda)

6.4.1 Ocena hitrosti vodnega toka

Hitrost vodnega toka smo uvrstili v eno od štirih kategorij: ni toka, počasen, srednje hiter in hiter tok. Hitrost se oceni v sredini struge in pri počasnem toku znaša od komaj vidnega do 30 cm/s, pri srednje hitrem toku je hitrost med 35 in 65 cm/s, pri hitrem toku pa je večja od 70 cm/s. Hitrost vodnega toka vpliva na spodjedanje in rušenje brega, na prenašanje in odlaganje sedimenta ter neposredno na rast makrofitov. Ocenjevanje se izvaja v primerljivih okoliščinah, saj je po nalivih stanje spremenjeno.

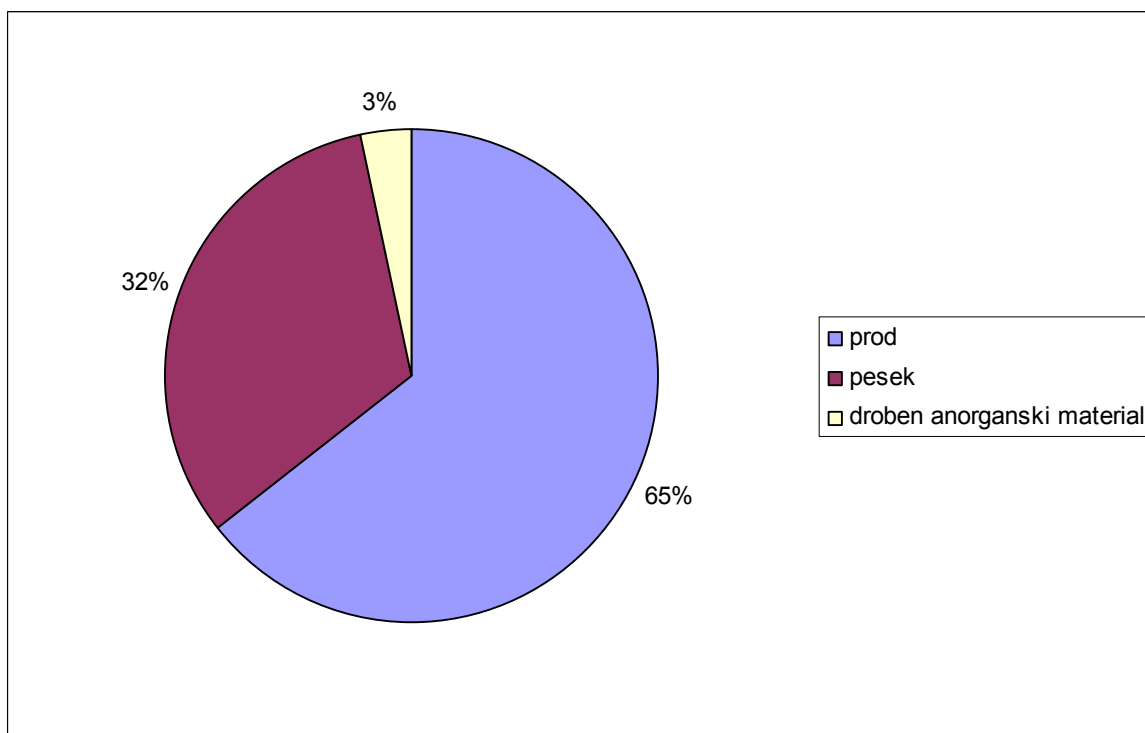


Slika 16: Hitrost vodnega toka v reki Pesnici

V reki Pesnici prevladuje hiter tok (50 %), sledita srednji (39 %) in počasen tok (11 %). V četrto kategorijo, kjer toka ni, se ni uvrstil noben odsek pregledane reke. Počasen tok je prisoten v nekaterih začetnih delih srednjega toka reke (odseki 7, 8, 11 – 13) in pred vtokom reke v obe jezera (odseki 18 – 20, 25 – 27). Srednji tok se pojavlja v večini preostalega srednjega toka reke (razen odseki 22, 28, 31, 32) in se, preden preide reka v spodnji tok, spremeni v hitrega (od odseka 40 naprej). V spodnjem toku reke prevladuje hiter tok z izjemo nekaterih delov, kjer je tok srednje hiter (odseki 64 – 71, 77, 87, 88) in v končnem delu pred vtokom v reko Dravo (odseki 91 – 93).

6.4.2 Tip sedimenta

Po CORINE (Coordination of Information on the Environment) sistemu je navedenih šest tipov sedimenta: skale, gramoz oziroma prod, pesek, droben anorganski material, umetni material (beton, asfalt ...), detrit ali drug organski material. Tip sedimenta je pogosto v povezavi s strukturo brega, lahko ga voda prinese iz višje ležečih delov vodotoka ali pa je posledica rušenja brega. Hitrejši tok premika sediment s težjo sestavo, kot je prod, v počasem toku pa se useda sediment z drobnejšo strukturo.

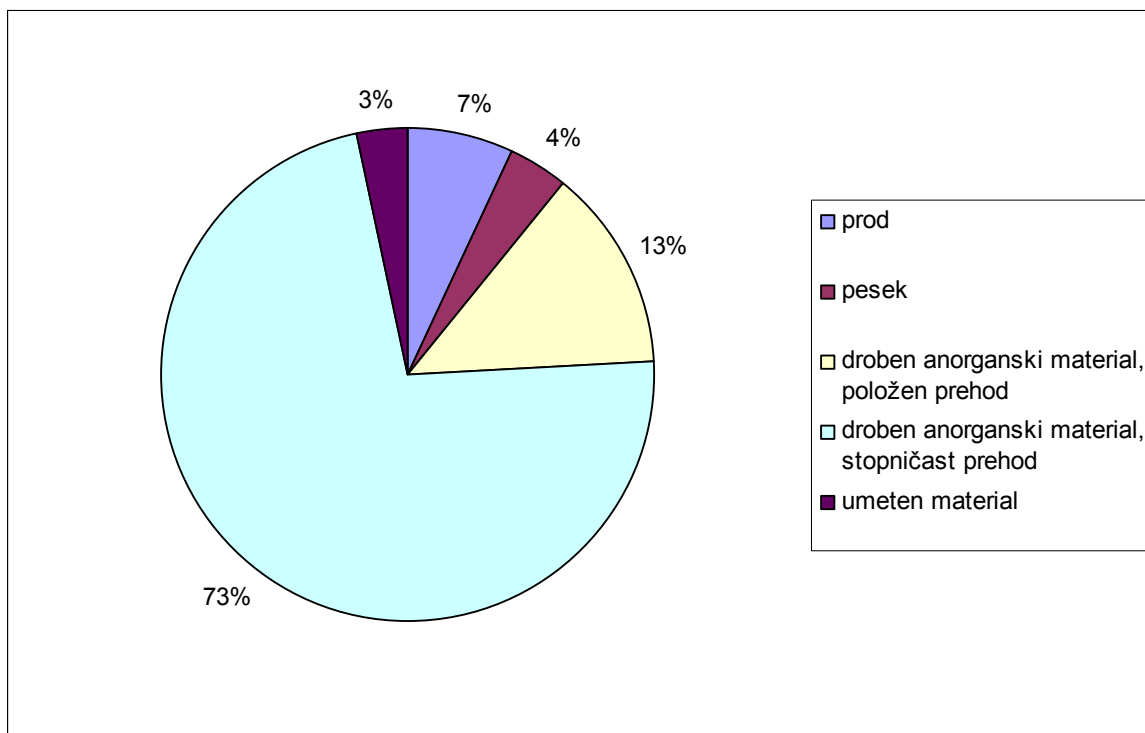


Slika 17: Tip sedimenta v reki Pesnici

Kot tip sedimenta so se pojavljali pretežno prod (65 %), pesek (32 %) in droben anorganski material (3 %). Prod in pesek se pojavljata izmenjujoče vzdolž celotne struge, droben anorganski material kot sediment pa je prisoten v delih, kjer je tok počasen, torej pred vtokom v jezeri in v reko Dravo (odseki 18 – 20, 93). Tip sedimenta ima vpliv na prisotnost makrofitov, saj pogojuje njihovo ukoreninjanje. Zaradi nestabilnega in premikajočega se sedimenta ter hitrega toka, lahko makrofite tudi odnaša. Na to vpliva tako velikost in rastna oblika makrofitov kot tudi gostota rastlin v sestoji.

6.4.3 Struktura bregov

Določili smo strukturo bregov reke Pesnice. Ta je lahko umetno utrjen z velikimi kamni ali betonom, sestavljen iz nanosov proda, peska ali drobnega anorganskega materiala. Pri slednjem smo razločili tudi med stopničastim ali položnim prehodom v obrežni pas. Nanosi, ki predstavljajo strukturo brega, so odvisni od zaledja vodotoka, hitrosti vodnega toka, geološke zgodovine območja in tudi od delovanja človeka.

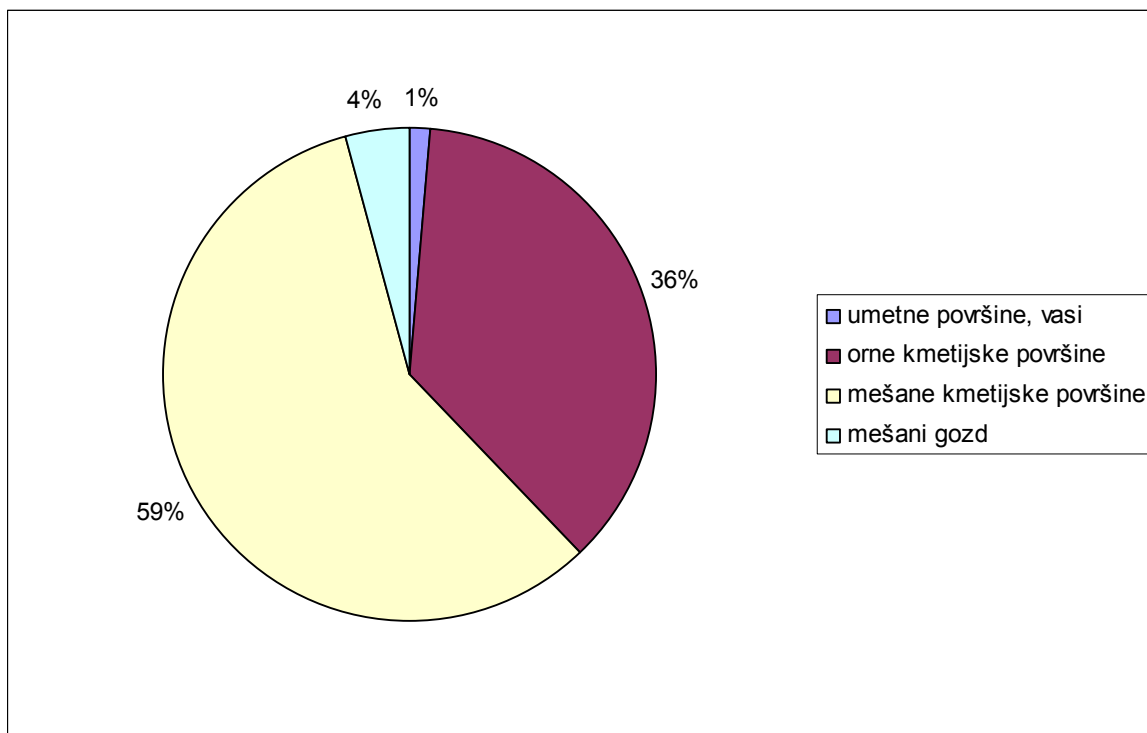


Slika 18: Struktura brega v reki Pesnici

V strukturi bregov je z velikim deležem prevladoval breg iz drobnega anorganskega materiala, večinoma s stopničastim prehodom (73 %), razen pred vtokom v jezero Pristava (odseki 24 – 27) in v nekaterih zadnjih odsekih spodnjega toka reke (77 – 80, 82, 88 – 93), kjer je prehod položnejši (13 %). V začetnem delu srednjega toka reke je struktura brega tudi iz peska (4 %) in proda (3 %); prod: odseki 1 – 4 in 6 – 8; pesek: odseki 9, 10, 21 – 23. Del struge je utrjen z betonskimi ploščami (odseki 5, 29, 30), v določeni meri pa je umetno utrjen tudi tam, kjer reko prečkajo prometne poti in na vtokih pritokov. Vzdolž celotne struge so v strukturi brega, kjer sicer prevladuje droben anorganski material, opazni nanosi proda, kar je izrazito na mnogih mestih spodjedanja bregov in še posebej tam, kjer se breg ruši.

6.4.4 Tip zaledja

Tipi zaledja, po sistemu CORINE (Coordination of Information on the Environment), ki so prisotni ob reki Pesnici, so umetne površine in vasi, orne ter mešane kmetijske površine in mešan gozd. Kmetijske površine vplivajo na makrofite zaradi izpiranja snovi v samo reko, direktno in preko drenažnih kanalov. Urbana območja imajo podoben vpliv zaradi kanalizacijskih izpustov v vodotok.



Slika 19: Tip zaledja v reki Pesnici

Pregledane odseke reke Pesnice lahko, glede na tip zaledja, večinoma uvrstimo v skupino kmetijskih površin (95 %), od katerih so najpogostejše mešane (59 %), sledijo pa orne kmetijske površine (36 %). Majhen delež predstavlja mešan gozd (4 %), v neposredni bližini reke pa so najredkejša (odsek 12) urbana območja (1 %). Gozd se v zaledju pojavlja le v začetnem delu srednjega toka (odseki 1 – 3) in za vtokom jezera Komarnik (odseka 34, 35). Najpogostejše kmetijske površine so koruzne njive, ponekod so košeni travniki in površine z različnimi mešanimi kmetijskimi kulturami, redkejši so pašniki.

KANONIČNA KORESPONDENČNA ANALIZA (CCA)

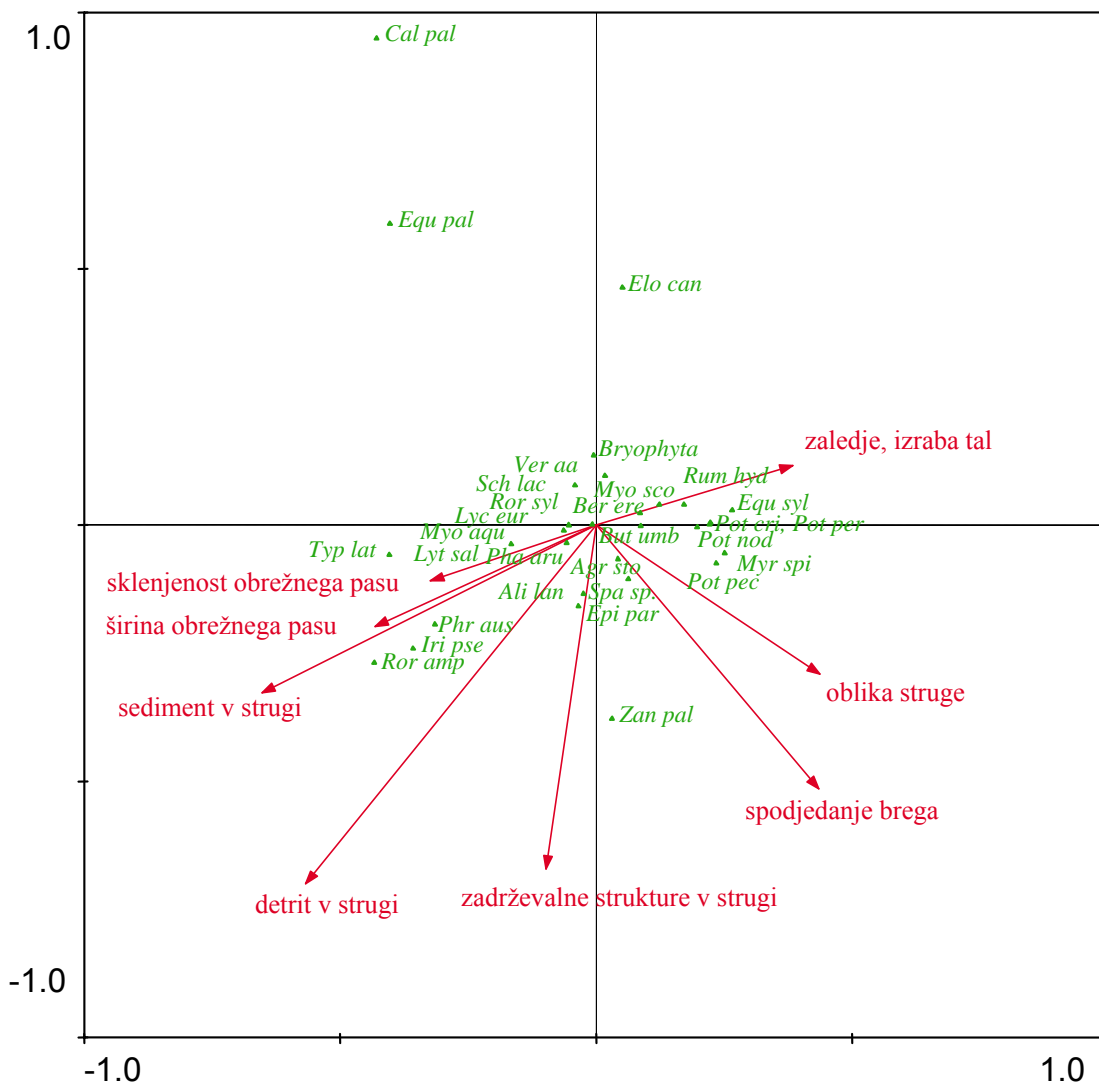
Od vseh 12 dejavnikov okolja, opredeljenih v RCE metodi, so se pri kanonični korespondenčni analizi štirje pokazali kot statistično neznačilni ($p \leq 0,1$), zato jih v predstavljenih diagramih (slike 20 do 21) nismo prikazali. To so vegetacija v obrežnem pasu, struktura brega, dno vodotoka in pojavljanje brzic, tolmunov ter meandrov. Pri analizi smo upoštevali preostalih 8 dejavnikov okolja (izraba tal za obrežnim pasom, širina obrežnega pasu, sklenjenost obrežne vegetacije, zadrževalne strukture v strugi, oblika struge, usedline v strugi, spodjedanje brega ter detrit).

| KANONIČNA OS | 1 | 2 | 3 | 4 | Skupna variabilnost |
|---|-------|-------|-------|-------|---------------------|
| Lastne vrednosti | 0,228 | 0,130 | 0,106 | 0,071 | 2,797 |
| Korelacijski koeficient takson - okoljske spremenljivke | 0,770 | 0,673 | 0,715 | 0,695 | |
| Kumulativni pojasnjeni odstotek variance taksona | 8,2 | 12,8 | 16,6 | 19,2 | |
| Kumulativni pojasnjeni odstotek variance relacije takson - okolje | 35,6 | 55,9 | 72,4 | 83,6 | |

Tabela 3: Lastne vrednosti, kumulativni pojasnjeni odstotek varianc in korelacijski koeficienti obdelanih podatkov za reko Pesnico

Lastna vrednost ordinacijske osi predstavlja maksimalno ločenost ekoloških niš taksonov. Najvišjo lastno vrednost in najmočnejšo smer gradienta ima prva os (0,228). S prvo osjo smo statistično značilno pojasnili 8,2 %, z drugo pa 4,6 % variance taksonov (z obema 12,8 %). Skupno smo z vsemi osmi pojasnili 22,9 % variance taksonov. S prvo osjo smo statistično pojasnili 35,6 % variance relacije takson - okolje in z drugo 20,3 % variance relacije takson - okolje (z obema skupaj 55,9 %).

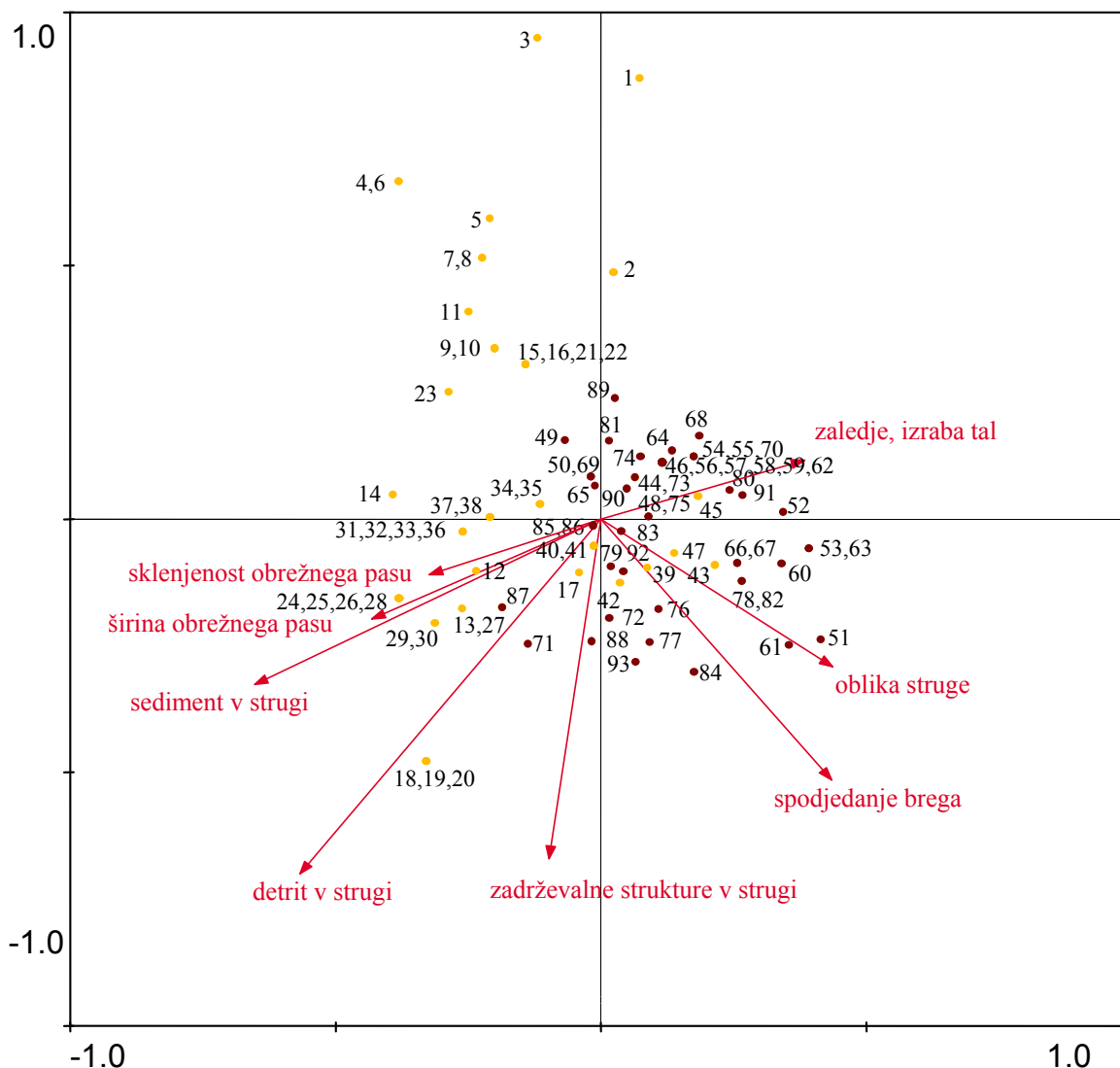
Ker sredine diagramov (slike 20, 21 in 22) predstavljajo srednje vrednosti merjenih parametrov, se vrste v sredini pojavljajo pri njihovi srednji vrednosti ali pa so evrivalentne glede na njih. Okoljski dejavniki pojasnjujejo razporeditev vrst vzdolž osi. Puščice kažejo koordinate, pri katerih so spremenljivke v korelaciji z osjo. Dolžina puščice prikazuje moč korelacije med spremenljivko in osjo. Če je med puščicami oster kot, je korelacija med temi okoljskimi spremenljivkami pozitivna, če je kot top, je korelacija negativna.



Slika 20 : Ordinacijski diagram z izbranimi dejavniki okolja in makrofitskimi taksoni

Na ordinacijskem diagramu (slika 20) so prikazani izbrani dejavniki okolja, ki vplivajo na pojavljanje določenega makrofitskega taksona v reki Pesnici. Hkrati je velikost njihovih vplivov primerljiva z dolžino puščice. Točke vrst na ordinacijskem diagramu ponazarjajo optimume vrst.

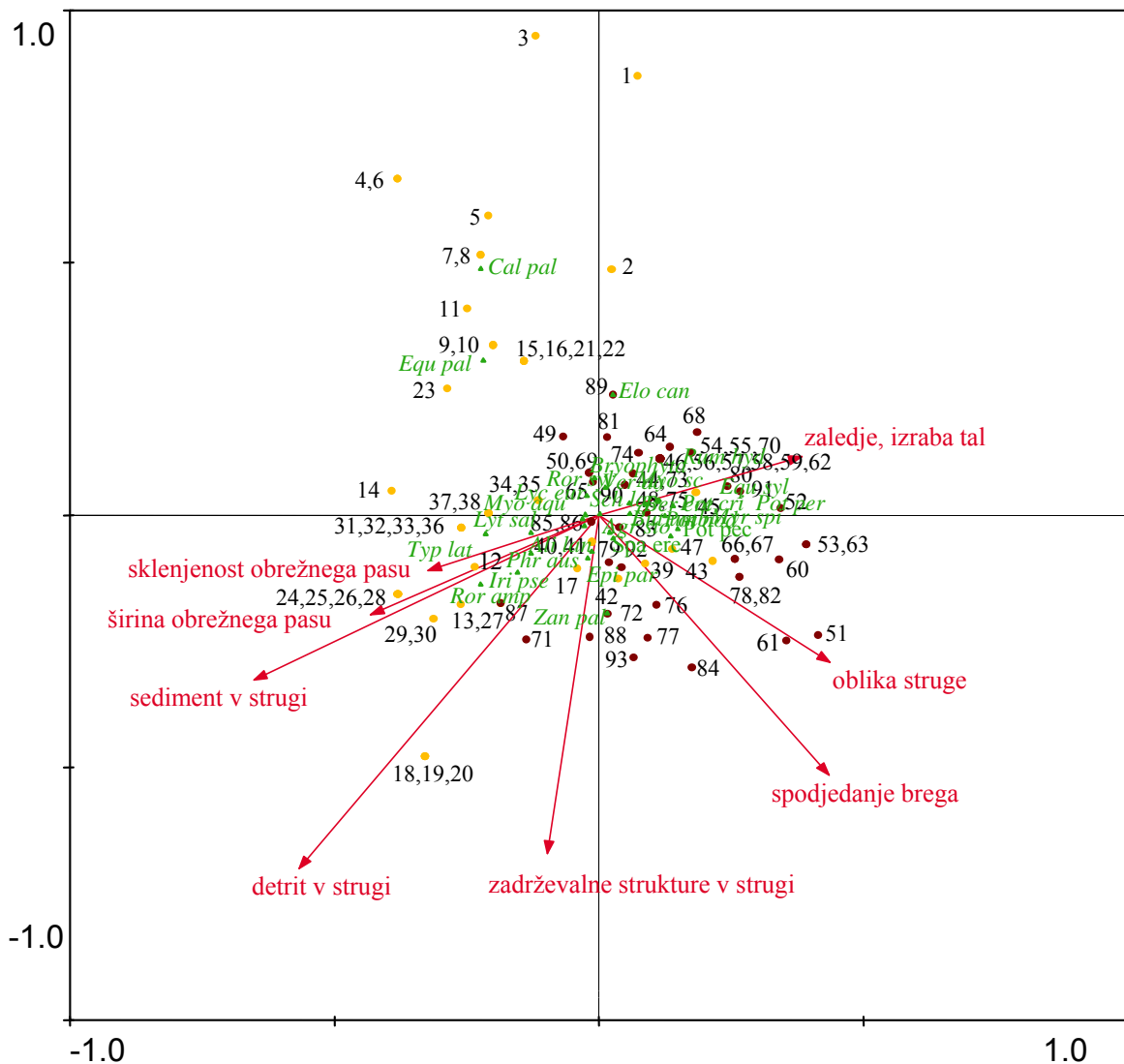
Glede na ordinacijski diagram (slika 20) so okoljski dejavniki z večjim vplivom detrit v strugi, zadrževalne strukture in sediment v strugi ter spodjedanje brega. Manjši vpliv imajo oblika struge, širina in sklenjenost obrežnega pasu ter izraba tal v zaledju. Vrste, ki so bližje sredini diagrama, so glede na okoljske dejavnike, evrivalentne oziroma jim ustrezajo srednje vrednosti merjenih okoljskih dejavnikov.



Slika 21: Ordinacijski diagram z izbranimi dejavniki okolja in odseki reke Pesnice (barvne točke odsekov: srednji tok – rumena barva, spodnji tok – rjava barva)

Na ordinacijskem diagramu (slika 21) so prikazani izbrani dejavniki okolja ter odseki reke Pesnice. Odseki, ki so v diagramu bližje, so si po navedenih dejavnikih okolja bolj podobni. Odseki, ki so v ordinacijskem diagramu daleč narazen, so si po navedenih dejavnikih okolja bolj različni. Odseki, ki se v navedenih dejavnikih ne razlikujejo, imajo na diagramu isto točko.

Očitno je, da se odseki srednjega toka razporejajo na levo in odseki spodnjega toka na desno stran diagrama. Začetni odseki srednjega toka so na vrhu. Na levi polovici se pojavi devet odsekov spodnjega toka, na desni le sedem iz srednjega toka.



Slika 22 : Ordinacijski diagram z izbranimi dejavniki okolja, makrofitskimi taksoni in odseki reke Pesnice (barvne točke odsekov: srednji tok – rumena barva, spodnji tok – rjava barva)

Na ordinacijskem diagramu (slika 22) so prikazani izbrani dejavniki okolja, odseki reke Pesnice in taksoni makrofitov. Točke z navedenimi makrofitskimi vrstami so v središču vseh odsekov, v katerih je določena vrsta prisotna. V odsekih, katerim je na diagramu točka določene vrste bližja, je vrsta pogostejša. Točki dveh vrst, ki se pojavita v izključno enem odseku, se prekrivata s točko tega odseka.

7 RAZPRAVA

7.1 FIZIKALNE IN KEMIČNE ZNAČILNOSTI REKE PESNICE

Za zelo poraščene vodotoke so značilna velika dnevna nihanja v količini raztopljenega kisika, CO₂, temperature in pH (Wilcock in sod., 1998). Na kakovost vodotoka negativno vpliva odstranjevanje rastlin obrežnega pasu, saj je ta pomemben za zadrževanje vode in predvsem kot blažilen pas, ki vodo iz kmetijskih površin ne le zadržuje, temveč tudi čisti (Petersen, 1992).

Koncentracija kisika v vodi se spreminja v odvisnosti od temperature, zračnega tlaka, v vodi raztopljenih soli, turbulence vodnega toka in respiratorne aktivnosti primarnih producentov ter respiratorne aktivnosti živiljske združbe (Wetzel in Likens, 1995). Pri višjih temperaturah se topnost kisika zmanjša, turbulenten vodni tok pa poveča nasičenost s kisikom. Zaradi visoke fotosintezne aktivnosti v Perniškem in Pristavskem jezeru, so bile najvišje vrednosti vsebnosti kisika izmerjene na 3. vzorčnem mestu za jezeroma. Nato se vsebnost precej zniža, nizvodno v spodnjem toku reke ponovno narašča, predvsem pri 7. in 8. merilnem mestu, kjer je vodni tok turbulentnejši in se v reki pojavlja tudi več potopljenih ukoreninjenih makrofitov. Ta trend je najočitnejši julija, ko je fotosintezna aktivnost intenzivnejša kot jeseni. Respiracija je višja od fotosintezne aktivnosti na 2. vzorčnem mestu, kjer je tok skoraj stoječ, dno zamuljeno in voda kalna.

Razlika med tremi meritvami temperature izhaja iz sezonskih nihanj. Povprečna dnevna temperatura in sončno sevanje se iz poletja v jesen zmanjšujeta, temu primerna je velikost spremembe. Temperatura vode se najbolj spreminja julija, ko je sprememba 3,5°C, najmanjša sprememba je novembra, za 1,1°C. Pri vsakem posamičnem nizu meritev je očitno, da je najnižja temperatura v začetnem delu srednjega toka reke, najvišja pa za Pesniškim in Pristavskim jezerom, kjer sončno sevanje površino teh jezer ogreje. Kasneje se temperatura le malo spreminja, skladno s turbulentnostjo toka reke, osvetljenostjo njene površine in trajanjem sončnega sevanja tokom dneva.

Električna prevodnost se v vodah zvišuje z naraščajočo koncentracijo raztopljenih ionov in večjo obremenjenostjo vodotoka s hranili. V večini celinskih voda znaša 10 – 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Vrednosti so običajno najvišje jeseni, ko prihaja do razgradnje odpadlega listja, izgradnja pa je zaradi nizkih temperatur in nizke intenzitete svetlobe razmeroma nizka (Urbanič in Toman, 2003). Izmerjene vrednosti so bile med 394 in 662 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pri vseh meritvah kažejo podoben trend. Iz relativno visokih vrednosti, ki so ob poletnem merjenju višje kakor jeseni, in iz naraščanja ob toku navzdol za 5. merilnim mestom, sklepamo na obremenjenost vodotoka zaradi izpiranja hranil.

Kislost oziroma alkalnost vode sta odvisna od geološke podlage, po kateri voda teče, od sestave sedimentov, pufrske kapacitete ter od fotosintezne aktivnosti makrofitov, zato se lahko pH lokalno zelo spreminja. Gosti sestoji vodnih rastlin lahko podnevi povzročijo hipersaturacijo s kisikom, izrabo CO_2 in posledično visok pH, ponoči količina prostega CO_2 naraste, pH in količina raztopljenega kisika se znižata (Hynes, 1970). Kot je razvidno iz grafa (slika 6), se vrednosti pH spreminjajo na način, kjer je težko ugotoviti očitno trend. Vrednosti so bile v območju od 7,9 do 8,6. Največje spremembe so izmerjene julija, pri obeh kasnejših meritvah so manjše, najmanjše so novembra. Največjo spremembo pH, med 2. in 3. mestom, povezujemo z veliko fotosintezno aktivnostjo v jezerih pred 3. vzorčnim mestom. Tudi na zadnjem vzorčnem mestu izmerjen pH naraste in vrednosti očitno odstopajo od preostalih, še najbolj izrazito julija, ko je fotosintezna aktivnost najvišja in so nihanja pH največja.

V neonesnaženih vodotokih nitrati običajno ne presegajo vrednosti 1 mg/l, koncentracije nad to mejo so posledica spiranja gnojil iz kmetijskih površin (Urbanič in Toman, 2003). Izmerjene vrednosti vsebnosti nitratnih ionov so se gibale v območju od 1,3 do 14,4 mg/l, iz česar sklepamo na organsko precej obremenjen vodotok. Koncentracija se nizvodno načeloma povečuje in najvišje vsebnosti dosega na 7. in 8. mestu. Pri julijski meritvi se na 8. mestu v primerjavi z 7. mestom vsebnost nekoliko zniža, pri septembrski in novembrski meritvi pa ne, verjetno zaradi manjšega odvzema in aktivnosti organizmov v teh mesecih. Najnižje izmerjene vrednosti nitratnih ionov so bile v začetnem delu srednjega toka reke na 1. mestu, pri novembrski meritvi pa tudi na 4. in 5. vzorčnem mestu. Pri tej meritvi so vsebnosti najnižje, primerjalno za polovico, in razlike so najmanjše.

Fosfor se v vodi redko pojavlja v višjih koncentracijah, ker ga 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 tudi komunalne in industrijske odpadne vode (Urbanič in Toman, 2003). V primeru reke Pesnice lahko izmerjene koncentracije ortofosfatnih ionov pripišemo izključno izpiranju gnojil s kmetijskih površin, ki reko obdajajo. Pri septembrski meritvi so izmerjene vrednosti presegle 0,1 mg/l na 6., 7. in 8. mestu. Vrednosti so, v primerjavi s septembrom, julija nižje, ko so te tudi 2- do 4-krat višje. Julija je večja aktivnost primarnih producentov in je zato tudi njegova poraba večja kot septembra. Verjetno je, da je takrat zaradi manj dežja vnos fosfatov zaradi spiranja nižji. Najnižje vrednosti koncentracije ortofosfatnih ionov so bile izmerjene novembra. Dejstvo je, da so vrednosti ortofosfatnih ionov precej nižje, kot bi pričakovali, glede na to, da reka teče skozi kmetijske površine in ima povišane vrednosti nitratnih ionov. Verjetno je fosfor vezan v kakšni drugi obliki in bi boljšo sliko dobili z meritvami celotnega fosforja.

7.2 MAKROFITI REKE PESNICE

7.2.1 Vrstna sestava in pojavljanje makrofitov

V skupno 93 odsekih reke Pesnice smo popisali 31 taksonov. Od tega je bilo 29 taksonov določenih do vrste, eden do rodu, enega pa so predstavljali mahovi. V večini pregledanih odsekov smo našli travo *Phalaris arundinacea* (pisana čužka) in mahove, ostale vrste pa so se nahajale v manj kot polovici odsekov. Dve vrsti sta bili opaženi samo v enem odseku. Od teh dveh je bila *Elodea canadensis* (vodna kuga) najdena v večjem številu, vrsta *Zannichellia palustris* (močvirska vodopivka) pa je bila opažena posamično. Največ, 17 taksonov, je bilo močvirskih rastlin (helofitov), ki so se pojavljali v rečni strugi in na poplavljenem delu rečnega brega. V potopljeni ukoreninjeni obliki smo popisali 8 taksonov in končno tudi 5 vrst z amfibijskim značajem ter eno s plavajočimi listi. Plavajoča nepritrjena rastna oblika, katero smo opazili zgolj na odsekih z vtoki iz drugih vodnih teles, v reki ni bila obstojna, zato je v sam popis nismo vključili.

Mahovi so tolerantni na nizke intenzitete svetlobe, zato so pogosto edini makrofiti v zasenčenih delih vodotokov (Boulton in Brock, 1999). Začetni del struge (odseki 1 – 3) se odlikuje predvsem po gozdnem zaledju. Gozd redko sega vse do struge (odseka 34 in 35), je pa vzdolž celotne struge v obrežnem pasu večinoma prisotno vrbovje, ki zastira svetlobo velikemu delu vodne površine. Na teh zasenčenih mestih so pogosti mahovi.

Širina vodotoka, globina vode in letna nihanja določajo vrstno sestavo makrofitov ter njihovo rastno obliko. Ozki vodotoki z ustrezno podlago, obraščeni z obrežno vegetacijo so navadno porasli le z nizkoraslimi emergentnimi rastlinami (Gaberšček, 1997). V srednjem toku reke Pesnice, ki ima nekoliko bolj spremenljiv značaj in večja nihanja v gladini vode ter hitrosti toka, se pojavljajo močvirske vrste, ki z obrežja preraščajo v strugo. Ob višjih vodostajih so te rastline tudi več tednov preplavljene. Vrste *Phalaris arundinacea* in *Agrostis stolonifera* (plazeča šopulja) ter *Lythrum salicaria* (navadna krvenka) so najpogostejše vrste. Pogoste so tudi invazivna vrsta *Impatiens glandulifera* (žlezava nedotika), *Typha latifolia* (širokolistni rogoz) in *Phragmites australis* (trst). Pojavljajo se v večjem številu, nikoli posamično, z bregov preraščajo v strugo reke, na obrežju pa večkrat predstavljajo goste sestoje.

Primerjava pojavljanja vrst v srednjem in spodnjem toku je pokazala tudi druge razlike. V večini odsekov spodnjega toka so bile popisane vrste potopljenih makrofitov, ki v srednjem toku niso prisotne. Pogostejši so tudi vsi ostali makrofiti v potopljeni rastni obliki. Najpogostejši so *Potamogeton perfoliatus* (preraslolistni dristavec), *Potamogeton crispus* (kodravi dristavec) ter *Myriophyllum spicatum* (klasasti rmanec). Vrste se pojavljajo, kjer je hitrost toka srednje hitra ali hitra, voda je tukaj globlja. Te vrste sestavljajo goste sestoje ali se pojavljajo posamično. Skozi leto so v spodnjem toku reke manjša nihanja v vodostaju, kar omogoča konstantnejše pogoje rasti za obligatno submerzne predstavnike makrofitov ter amfibijske makrofite, ki se tukaj pojavljajo pretežno v potopljeni rastni obliki.

Vrsta *Potamogeton perfoliatus* je ekološko najbolj tolerantna vrsta v rodu dristavcev, saj ima široko ekološko amplitudo uspevanja (Preston, 1995). To je potopljena ukoreninjena vrsta, zato najbolje uspeva v počasi tekoči vodi (Haslam, 1987). Navadno raste v vodah, globljih od enega metra (Preston, 1995) in tam kjer je substrat grob, torej kamnit in prodnat (Baattrup - Pedersen A., Riis T. 1999). Različne raziskave so tudi pokazale, da so mnogi makrofiti vezani na sediment določene velikosti delcev (Haslam, 1978; Holmes, 1983) Pretežno droben substrat in relativno plitka struga zagotavljata optimalne pogoje za razvoj in rast ukoreninjenih makrofitov (Haslam, 1978; Grasmück in sod., 1995). V reki Pesnici se vrsta pojavlja na mestih, kjer je tok srednje hiter, na prodnatem substratu in v vodi, globlji od 20 cm. Pojavlja se sočasno in na podobnih rastiščih z drugima najpogostejšima potopljenima in ukoreninjenima vrstama, *Myriophyllum spicatum* in *Potamogeton crispus*.

Vrsta *Myriophyllum spicatum* je neuspešna v turbulentnih in oligotrofnih vodah (Haslam, 1987), vse vrste pa rastejo, tako kot večina makrofitov, v vodah, globljih od 0,5 m (Nichols in Shaw, 1986). Kot smo ugotovili pri opisu rastišč makrofitov, vrsti *Myriophyllum spicatum* odgovarja globlja voda kot obema najpogostejšima dristavcema, predvsem območja srednje hitrega toka. Rastišče ustreza tudi navedbam (Butcher, 1933), da naseljuje mesta hitro tekoče vode in grob substrat. Tudi pogosta vrsta *Potamogeton crispus* se, v primerjavi z drugimi potopljenimi vrstami (izvzete so amfibijske), pojavlja najbolj plitvo, saj voda pogosto ni globlja od 10 centimetrov, s srednjim in hitrim tokom.

Vrsta *Elodea canadensis* je šibko ukoreninjena, zato jo najdemo v počasi tekočih vodah, ustreza pa ji zamuljeno dno, v katerem raste bolje kot v pesku (Madsen in Adams, 1989; Baattrup - Pedersen A., Riis T. 1999). Navedba ustreza opisu njenega rastišča. Vrsta je uspevala na enem mestu, v srednje globoki vodi, natančneje v tolmunu ob rečnem bregu, skupaj z vrstama *Potamogeton nodosus* (kolenčasti dristavec) in *Potamogeton pectinatus* (češljasti dristavec). *Potamogeton nodosus* in *Potamogeton pectinatus* sta se pojavljala redkeje kot ostali dve vrsti dristavcev. *Potamogeton nodosus* smo našli edino v počasnem toku, načeloma ob obrežju, na finejšem substratu.

Vrstam *Sparganium* sp. (ježek) ter *Schoenoplectus lacustris* (jezerski biček) bolj ustreza počasnejši tok, mulj in finejši substrat (Butcher, 1933). *Sparganium* sp. je bil popisani v srednje globoki in plitvi vodi, predvsem v osrednjem delu srednjega toka reke in končnem delu reke, bližje bregovom, kjer je bil tok nekoliko počasnejši. Prav tako je rastišče vrste *Schoenoplectus lacustris* ob bregovih, kjer se pojavlja v gostih sestojih.

Vrsti *Berula erecta* (ozkolistni koščec) in *Butomus umbellatus* (kobulasta vodoljuba) sta se pojavljali pretežno v potopljeni rastni obliki. Ostale močvirske in amfibijske rastline so načeloma naseljevale naplavne otoke proda (*Rumex hydrolapathum* – konjska kislica) in plitvo rečno obrežje (*Alisma lanceolatum* – suličastolistni porečnik). Kjer ima obrežni pas veliko prekinitev, se na prehodu na kopno pojavljajo tudi vse ostale vrste.

Groba sestava sedimenta, hiter in srednje hiter vodni tok niso ugodni za pritrjevanje večjih makrofitov (Haslam, 1987). Kljub temu se občasno pojavljajo na posameznih, nezasenčenih delih reke, močvirske rastline pa predvsem na naplavnih otokih in na prehodu med vodo in kopnim, kjer je tok počasnejši in umirjen, v primerjavi s tistim na sredini struge.

Impatiens glandulifera (žlezava nedotika) in *Elodea canadensis* (vodna kuga) sta dve tujerodni vrsti, ki se pojavljata v reki Pesnici. Vodna kuga je prisotna le z nekaj primerki, na enem samem rastišču, žlezava nedotika pa je invazivna vrsta, ki je na obrežju reke zelo pogosta. Predvsem na bregovih začetnih odsekov srednjega toka, pa vse do jezera Pristava, tvori na večih rastiščih tudi goste in neprehodne sestojje.

7.2.2 Makrofiti in kakovost vode

Kakovost vode lahko ocenjujemo na podlagi fizikalno-kemijskih metod, ki odražajo trenutno stanje vodotoka, in bioloških metod, ki odražajo delovanje več onesnaževalcev ter drugih okoljskih dejavnikov hkrati, in to čez daljše časovno obdobje. Življenjska združba, ki potrebuje dalj časa, da se uveljavi, je dober kazalec dolgoročnih sprememb (Germ in sod., 2000). Na podlagi različnih vzorcev razporeditve vodnih makrofitov, lahko določimo indikatorsko vrednost posamezne vrste, glede na stopnjo organskega onesnaženja. V rastlinski združbi se zaradi onesnaženja zmanjša diverziteteta, manjša je zastopanost za onesnaženje občutljivih vrst, poveča pa se število vrst, ki so odporne na onesnaženje (Gaberščik, 1997).

Glede na tabelo 2, kjer so navedene vrste v reki Pesnici, ki se jih da opredeliti glede na pojavljanje v povezavi z določeno vsebnostjo hranil v vodi, in so zanjo značilne, in glede na rezultate pojavljanja ter razporeditve makrofitov v pregledanih odsekih reke Pesnice, lahko ugotovimo sledeče:

- makrofiti, značilni za s hranili revne habitate, so popolnoma odsotni,
- le v začetnem delu srednjega toka reke se pojavljajo makrofiti, ki so značilni za s hranili manj revne habitate. Njihova prisotnost je redka, izjema so mahovi, ki se pojavljajo v vseh odsekih, vendar nikjer ne prevladujejo,
- večina vrst, ki se jih da opredeliti glede na pojavljanje v povezavi z določeno vsebnostjo hranil v vodi, in so zanjo značilne, se povezuje s srednje bogatimi, blizu evtrofnim in s hranili zelo bogatimi, torej evtrofnimi habitati.

Na podlagi tega lahko reko Pesnico uvrstimo med habitate, ki so precej obremenjeni z organskimi hranili, kar pa tudi že potrjujejo meritve nitratov, fosfatov in prevodnosti.

7.3 ŠIRŠA OKOLJSKA OCENA REKE PESNICE

Pri širši okoljski oceni gre za celovit pristop k vrednotenju vodotokov, pri čemer so zaobsežene fizične in biotske lastnosti struge, bregov in zemljišča ob vodotoku (Petersen, 1992; Germ, 1997; Germ in sod., 2000; Urbanič in Toman, 2003). V primerjavi s fizikalnimi, kemijskimi in biološkimi metodami je to preprost pristop, ki omogoča hitro oceno obstoječega stanja (Germ in sod., 2000). Mi smo uporabili slovensko različico RCE metode po Petersenu (1992), ki je bila narejena za manjše nižinske vodotoke na kmetijskih območjih, vzporedno pa smo izvedli tudi oceno habitatnih parametrov po MIDCC metodi.

Začetni del reke Pesnice se uvrsti v 2. RCE kakovostni razred (1. in 3. odsek). Razlog so z gozdom poraščeno zaledje, širina obrežnega pasu in sklenjenost obrežne vegetacije, ki odsekoma pripisujejo višje število točk. V daljšem začetnem delu je značilno tudi skalnato in prodnato dno ter srednja hitrost vodnega toka, ki ta sediment premešča. Senčenje, odsotnost finega sedimenta in hitrost vodnega toka vplivajo na to, da je vrstna pestrost vodnih rastlin v začetnih delih srednjega toka reke zelo nizka. Makrofiti se pojavljajo pretežno zaradi preraščanja z bregov v strugo.

Večina odsekov reke Pesnice se na osnovi širše okoljske ocene uvrsti v 3. in 4. RCE kakovostni razred (84 odsekov). Najslabše so ocenjeni tip zaledja, širina obrežnega pasu, zadrževalne strukture v strugi, spodjedanje bregov ter pojavljanje brzic, tolmunov in meandrov. Zaradi nizkega števila točk v teh kategorijah, ki predstavljajo značilnosti struge, tudi višje število točk v bolj ocenjenih kategorijah (sklenjenost obrežne vegetacije, oblika struge, dno vodotoka ter detrit v strugi), ne pripomore k uvrstitvi v višji RCE kakovostni razred. Večina odsekov je v 4. (53 odsekov), tretjina v 3. (31 odsekov) RCE kakovostnem razredu. Deli struge, ki spadajo v 5. RCE kakovostni razred (7 odsekov), predstavljajo reguliran in kanaliziran del, z izkrčeno obrežno vegetacijo ter umetno utrjenimi bregovi reke. Tu je vrstna pestrost precej manjša.

7.3.1 Širša okoljska ocena, vrstna pestrost in razširjenost makrofitov

Vzorec pojavljanja makrofitov se ne sklada z rezultati, pridobljenimi z RCE metodo. To pomeni, da ocena RCE in uvrstitev odsekov v enega od RCE kakovostnih razredov ni edino merilo, iz katerega bi lahko sklepali na vrstno pestrost in na razširjenost makrofitov.

V odsekih reke Pesnice, ki spadajo v višje RCE kakovostne razrede, bi tako načeloma pričakovali večjo vrstno pestrost. Namesto tega je največja pestrost v odsekih, ki so uvrščeni v 3. in 4. RCE kakovostni razred, v 2. in 5. je manjša. Hkrati je pojavljanje makrofitov v 3. in 4. RCE kakovostnem razredu podobno in brez znatnih razlik.

Eden od razlogov je ta, da so vrednosti precej skupaj, na meji med 3. in 4. RCE kakovostnim razredom, ampak v enem ali drugem, tako da o vsej razliki odločata en ali dva kriterija, ki morda nimata ključnega vpliva na samo pojavljanje makrofitov. RCE metoda v nekaterih primerih pripisuje manjše število točk kategorijam, ki lahko povečajo vrstno pestrost, tistim kategorijam, ki jo manjšajo, pa večje število točk. Tako lahko močno sklenjen obrežni pas grmovnih in lesnatih rastlin, v primeru da vodotok ni širok, povsem zasenči strugo in s tem makrofitom omeji dostop do svetlobe. Koristne funkcije obrežnega pasu, z ozirom na vrstno pestrost, se s tem izgubijo. Po drugi strani se zamuljenost obravnava kot spremenjeno in zato nižje ovrednoteno stanje, čeprav omogoča zakoreninjenje mnogim vrstam makrofitov in tako večja verjetnost za njihovo prisotnost. Prodnat in kamnit substrat, ki sta posledica hitrejšega toka v reki, ukoreninjenje načeloma otežujeta, hiter tok pa tudi plavi material, ki rastline poškoduje.

RCE metoda je zanesljiva za ocenjevanje spremenjenosti stanja okolja kot takega, v našem primeru pa ni merilo za vrstno pestrost in za razširjenost makrofitov. Za te namene so se bolje izkazali habitatni parametri, ki so bolj določujoči kar se tiče specifičnih rastišč makrofitov.

8 SKLEPI

Reka Pesnica je revna z vodnimi rastlinami. Na 56,7 km smo določili 30 taksonov. Na to vpliva zasenčenost obrežja in vodne površine, svoje pa prispevata pogosto hiter tok in pretežno prodnat sediment. Kakovost vodotoka se manjša tudi z intenzivnejšim kmetijstvom, predvsem na račun regulacije vodotoka, odstranjevanja prvotne vegetacije širšega območja in s posegi v obrežni pas ter z vnosom organskih hranil zaradi spiranja.

Pregledana struga je široka, s hitrim do srednje hitrim tokom, pogosto spreminjanje v globini vode in sestavi substrata vzdolž struge ni izrazito in se pojavlja le postopoma, posledično ni večje različnosti habitatov znotraj posameznih odsekov. Večje razlike v teh lastnostih so med srednjim in spodnjim tokom reke.

Tudi sezonske razmere, nihanje vodostaja oziroma stalnost vodnega okolja, se odražajo v razlikah med srednjim in spodnjim tokom reke. Predvsem je značilno različno pojavljanje ukoreninjenih obligativno potopljenih makrofitov.

Makrofiti so najbolj pogosti v tistih delih reke, kjer je značilen počasnejši vodni tok, droben in stabilen substrat, velika količina raztopljenih hranil v vodi, tam kjer ni zasenčenosti rečne struge z obrežno vegetacijo oziroma je struga širša. Ker je tok počasnejši ob bregovih, kjer se odlaga tudi finejši material, je to najprimernejše mesto za rast makrofitov, vendar so prav bregovi v največji meri zasenčeni z lesnimi rastlinami obrežnega pasu.

Širša okoljska ocena vodotoka je pokazala, da se v najbolj neokrnjenem stanju nahaja začetni del vodotoka. Okrnjenost se kaže v tipu zaledja, širini obrežnega pasu, v odsotnih zadrževalnih strukturah v strugi, spodjedanju bregov ter pojavljanju brzic, tolmunov in meandrov. Vzorec pojavljanja makrofitov se ne ujema povsem s stanjem širšega vodnega okolja ter razvrstitvijo z odsekov v RCE kakovostne razrede. Njihova pestrost je največja tam, kjer vpliv človeka ni zanemarljiv.

9 POVZETEK

Pregledali smo 56707 m struge reke Pesnice in jo razdelili na skupno 93 odsekov. V vsakem od njih smo izvedli popis makrofitov, širšo okoljsko oceno (RCE metoda) in oceno habitatnih parametrov (MIDCC metoda). Na skupno 8 vzorčnih mestih smo trikrat v sezoni izvedli tudi fizikalne meritve in odvzeli vzorce vode za kemijsko analizo.

V nalogi smo ugotavljali, kakšna sta pojavljanje in razporeditev makrofitov v reki Pesnici. Vzdolž vodotoka smo popisali makrofitske vrste in določili njihovo rastno obliko. Opazovali smo razlike v prisotnosti in pogostost ocenili po petstopenjski lestvici. Poskušali smo ugotoviti razlike med posameznimi odseki in deli reke ter v kolikšni meri je to posledica delovanja različnih okoljskih dejavnikov. Zanimal nas je tudi sam vodotok kot življensko okolje in kako se njegovo stanje ujema z vzorcem pojavljanja makrofitov.

Popisali smo 30 različnih taksonov vodnih rastlin, na posameznih odsekih pa od 1 do 18. Večja pestrost makrofitov je bila v odsekih s širšo strugo in večjo osvetljenostjo vodne površine, če sta bila na teh območjih tudi počasnejši vodni tok in droben, stabilnejši sediment. Večina makrofitov je bila iz skupine močvirskih rastlin, sledile so vrste, ki so se nahajale v potopljeni ukoreninjeni obliki, ki so po ocenjeni relativni rastlinski masi predstavljale 40 %. Večina popisanih vrst je značilna za habitate, srednje bogate s hranili, in za habitate, ki so bogati ter zelo bogati s hranili.

Kakovost stanja okolja se vzdolž pregledanega dela reke spreminja od 2. do 5. RCE kakovostnega razreda. Pestrost in pojavljanje makrofitov se z RCE metodo ne da obrazložiti ali pa nista v povezavi s stanjem vodotoka, saj je bila največja pestrost makrofitov ugotovljena v 3. in 4. RCE kakovostnem razredu, manjša pa v 2. in 5.

10 VIRI

Abel P. D. 1996. Water Pollution Biology. 2. izdaja. London, Taylor & Francis Ltd.: 268 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: str. 375 – 385.

Biggs B. J. F. 1995. The contribution of flood disturbance, catchment geology and land use to the habitat template of periphyton in stream ecosystems. *Freshwater Biology*, 33: str. 149 – 438.

Biggs B. J. F. 1996. Hydraulic habitat of plants in streams. *Regulated Rivers: Research and Management*, 12: str. 131 – 144.

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

Bornette G., Amorus C. 1991. Aquatic Vegetation and Hydrology of a Braided River Floodplain. *J. Vegetation Sci*, 2: str. 479 – 512.

Brinson M. M. 1993. Changes in the functioning of wetlands along environmental gradients. *Wetlands*, 13, 2: str. 65 – 74.

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: str. 55 – 75.

Butcher W. 1933. Studies on the ecology of rivers. I. On the distribution of macrophytic vegetation in the rivers of Britain. *Journal of Ecology*, 21: str. 58 – 91.

Dobson M., Frid C. 1998. *Ecology of Aquatic Systems*. Essex, Longman: str. 11, str. 30 – 55.

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

Gaberščik A. 1997. Makrofiti in kvaliteta voda. Ljubljana. *Acta Biologica Slovenica*, 41, št. 2 – 3: str. 141 – 148.

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

Germ M., Gaberščik A. 1999. The distribution and abundance of macrophytes of the lowland Ižica River (Slovenia). Ljubljana, *Acta Biologica Slovenica*, 42, št. 4: str. 3 – 11.

Germ M., Gaberščik A., Urbanc - Berčič O. 2000. Širša okoljska ocena rečnega ekosistema. Ljubljana, *Acta Biologica Slovenica*, 42, št. 2: str. 13 – 19.

Germ M., Dolinšek M., Gaberščik A. 2003. Macrophytes of the River Ižica – comparison of species composition and abundance in the years 1996 and 2000. *Large Rivers Vol. 14, No 1-2. Arch. Hydrobiol. Suppl.* 147/1 – 2: str. 181 – 193.

Grasmück N., Haury J., Léglize L., Muller S. 1995. Assesment of the bio-indicator capacity of aquatic macrophytes using multivariate analysis. *Hydrobiologia*, 300/301, str. 115 – 122.

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

Haslam S. M. 1978. River Plants. The Macrophytic Vegetation of Watercourses. Cambridge, Cambridge University Press, 512 str.

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

Hemond H. F., Benoit J. 1988. Cumulative impacts on water quality functions of wetlands. *Environmental Management*, 12: str. 639 – 653.

Holmes N. T. H. 1983. Typing British rivers according to their flora. Focus on Nature Conservation No.4, Nature Conservatory Council, Peterborough.

Holmes N. T. H. 1999. British river macrophytes perceptions and uses in the 20th century. *Aquatic Conservation: Marine Freshwater Ecosystems* 9: str. 535 – 539.

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

Husak Š., Vorechovska V. 1996. Stream vegetation in different landscape types. *Hydrobiologia*, 340: str. 141 – 145.

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

Hynes H. B. N. 1970. The ecology of running waters. Liverpool, Liverpool University Press: 555 str.

Janauer G. A. 2002. MIDCC. Macrophyte Inventory Danube Corridor and Catchment. Guidance on the Assessment of Aquatic Macrophytes in the River Danube, in Water Bodies of the Fluvial Corridor, and in its Tributaries. www.midcc.at.

Johnson N. M., Likens G. E., Eaton J. S. 1985. Stability, circulation and energy flux in Mirror Lake: str. 108 – 127.

Johnston C. A., Detenbeck M. E., Niemi G. J. 1990. The cumulative effect of wetlands on stream water quality and quantity. A landscape approach. *Biogeochemistry*, 10: str. 105 – 141

Likens G. E. 1985. *An Ecosystem Approach to Aquatic Ecology. Mirror Lake and its Environment*. New York, Springer - Verlag.

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

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

Martinčič A., Wraber T., Jogan N., Podobnik A., Turk B., Vreš B., Ravnik V., Frajman B., Strulc Krajšek S., Trčak B., Bačič T., Fischer M. A., Eler K., Surina B. 2007. *Mala Flora Slovenije. Ključ za določanje praprotnic in semenk*. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 968 str.

Murphy K.J., Rørslett B., Springuel I. 1990. Strategy Analysis of Submerged Lake Macrophyte Communities: an International Example. *Aquatic Botany*, 36: str. 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: str. 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. Stuttgart, Arch. Hydrobiol., Suppl. 101, Large Rivers Vol. 9, No. 2 : str. 91 – 109.

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

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

Pot R. 1996. Monitoring watercourse vegetation, a synecological approach to dynamics gradients. *Hydrobiologia*, 340: str. 59 – 65.

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

Rørslet B., Johansen S. W. 1996. Remedial measures connected with aquatic macrophytes in Norwegian regulated rivers and reservoirs. *Regulated rivers: Research and management*, 12: str. 509 – 522.

Rose A. H. 1976. Terminology. London, Academic Press. 3,3.

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

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

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

Sculthorpe C. D. 1967. *The Biology of Aquatic Vascular Plants*. London, Edward Arnold Ltd. 610 str.

Smith K., Lavis M. E. 1975. Environmental influences on the temperature of a small upland stream. *Oikos*, 26: str. 228 – 236.

Seddon B. 1972. Aquatic macrophytes as limnological indicators. *Freshwater Biology*, 2: str. 107 – 130.

Sweeting R. A. 1994. River pollution. V: *The River Handbook*. Hydrological and ecological principles. Volume two. Calow P., Peets G. E. (ur.). Oxford, Blackwell Science: str. 23 – 32.

Ter Braak C. J. F., Verdonschot P. F. M. 1995. Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic sciences*, 57/3: str. 153 – 185.

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

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

Urbanič G. 2004. *Ekologija in razširjenost mladoletnic (Insecta: Trichoptera) v nekaterih vodotokih v Sloveniji*. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: str. 25 – 29.

Van Duin E. H. S., Bloom G., Los F. J., Maffione R., Zimmerman R., Cerco C. F., Dortch M., Best E. P. H. 2001. Modeling underwater light climate in relation to sedimentation, resuspension, water quality and autotrophic growth. *Hydrobiologia*, 444, 1 – 3: str. 25 – 42.

Vrhovšek D., Martinčič A., Kralj M. 1981. Evaluation of the polluted river Savinja with the help of Macrophytes. *Hydrobiologia*, 80: str. 97 – 110.

Westlake D. F. 1965. Some problems in the measurement of radiation under water: A review. *Photochem. Photobiol.* 4: str. 849 – 868.

Wetzel R. G. 1983. *Limnology*, 2. izdaja, Saunders College Publishing. Philadelphia. 858 str.

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

Wetzel R. G., Likens G.E. 1991. *Limnological analyses*. 2. izdaja. Springer - Verlag, New York.

Wetzel R. G. 2001 *Limnology. Lake and River Ecosystems*. 3. izdaja. San Diego, Academic Press: 1006 str.

Wilcock R. J., Nagels J. W., McBride G. B., Collier K. J., Wilson B. T., Hauser B. A. 1998. Characterisation of lowland streams using a single-station diurnal curve analysis model with continuous monitoring data for dissolved oxygen and temperature. *New Zealand J. mar Freshwater. Res.* 32: str. 67 – 79.

Wright J. F., Hiley P. D., Ham S. F., Berrie A. D. 1981. Comparison of three mapping procedures developed for river macrophytes. *Freshwater Biology*, 11; str. 369 – 379.

11 PRILOGE

PRILOGA A

Obrazec za oceno okoljskih parametrov po metodi RCE (slovenska RCE metoda (Germ, Jogan, 1997; Urbanič in Toman, 2003), prirejena po Petersenu (Riparian, Channel and Environmental Inventory, 1992)):

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

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

2. Širina obrežnega (blažilnega)¹ pasu (od roba vodotoka do kmetijskih površin ali naselja)

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

3. Sklenjenost vegetacije v obrežnem pasu

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

4. Vegetacija pasu 0 – 10 m od struge

| | |
|--|----|
| Več kot 90 % poraščeno z nepionirskimi lesnatimi vrstami ali z močvirskimi rastlinami | 25 |
| Vegetacijo sestavljajo pionirske vrste ² dreves in grmov | 15 |
| Vegetacijo sestavljajo trave in posamezna drevesa ali grmi | 5 |
| Večinoma trave, posamezni grmi/tujerodne vrste ³ /urbane površine/vodotok kanaliziran | 1 |

5. Zadrževalne strukture v strugi

| | |
|---|----|
| Skale in stara debla, trdno zasidrani v dno, ni usedlin | 15 |
| Skale in debla, za katerimi se odlagajo usedline | 10 |
| Zadrževalne strukture rahlo zasidrane, ob poplavax se premikajo | 5 |
| Peščene naplavine, zadrževalnih struktur malo | 1 |

6. Oblika struge

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

7. Usedline v strugi

| | |
|---|----|
| Odlaganje usedlin majhno, na povečanje struge nima vpliva | 15 |
| Nekaj ovir iz robotih skal in prodnikov ter malo mulja | 10 |
| Ovire iz skal, peska ali muljastih naplavin pogoste | 5 |
| Struga deljena v preplete ⁴ /vodotok kanaliziran | 1 |

8. Struktura rečnega brega

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

9. Spodjedanje brega

| | |
|---|----|
| Ni vidno ali pa je omejeno na območja, kjer so korenine dreves | 20 |
| Samo na rečnih zavojih in zožitvah | 15 |
| Spodjedanje brega pogosto | 5 |
| Močno spodjedanje vzdolž struge, breg se ruši/breg je umetno utrjen | 1 |

10. Dno vodotoka

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

11. Pojavljanje brzic, tolmunov in meandrov

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

12. Detrit

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

Tabela A: Vrednotenje rezultatov RCE:

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

Opombe:

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

² pionirske vrste: vrba, jelša, topol

³ če so prisotne tujerodne vrste, si zapišemo, katere

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

PRILOGA B

B 1: Obrazec za oceno habitatnih parametrov po metodi MIDCC

(Multifunctional Integrated Study Danube Corridor and Catchment, Janauer 2002), skladno z CORINE (Coordination of Information on the Environment):

1. Ocena hitrosti vodnega toka

1. ni toka, stoječe
2. počasen tok, komaj viden, do 30 cm/s
3. srednji tok, 35 – 65 cm/s
4. hiter tok, več kot 70 cm/s

2. Tip sedimenta

1. trdne skale
2. prod (0,2 – 6,3 cm)
3. pesek (0,063 – 0,2 cm)
4. drobni anorganski material (> 0,063 cm)
5. umetni material (beton, asfalt ...)
6. detrit ali drugačen organski material

3. Struktura bregov

1. velike skale za utrditev bregov in regulacijo vodotoka (< 6,3 cm)
2. prod (0,2 – 6,3 cm)
3. pesek (0,063 – 0,2 cm)
4. droben anorganski material (> 0,063 cm)
 41. položen prehod
 42. stopničast prehod
5. umetni materiali za utrditev struge
6. plavajoče preproge (floating mats) iz nanešenega organskega materiala

4. Tip zaledja po CORINE (Coordination of Information on the Environment) land cover nomenclature

1. umetne površine
 11. urbane (pozidane) površine (11 = mesta in večja naselja, 11908 = vasi)
 12. industrijske, komercialne, transportne enote (ceste, železnice ...)
 13. rudniki, odlagališča, gradbišča
 14. umetne, vendar ne kmetijske površine (pokopališča, parki, igrišča ...)
2. kmetijske površine
 21. orne površine (tudi rastlinjaki in do 3 leta stare opuščene njive ...)
 22. trajni nasadi (vinogradi, sadovnjaki ...)
 23. pašniki

- 24. mešane kmetijske površine
- 3. gozdovi in pol-naravne površine
 - 31. gozd
 - 311. listopadni gozd
 - 312. iglast gozd
 - 313. mešani gozd
 - 32. grmovje
 - 33. odprte površine z malo ali nič vegetacije (plaže, sipine, obrežje, skale ...)
 - 34. mokrišča
- 411. močvirja
- 5112. umetni kanali

B 2: Pogostost makrofitov (abundanca)

Ocena abundance makrofitskih vrst s pomočjo 5-stopenjske lestvice:

- 1 = redka rastlina
- 2 = pojavlja se občasno
- 3 = redna
- 4 = pogosta
- 5 = zelo pogosta

B 3: Rastna oblika

(terminologija po dogovoru na delavnici Expert Group »Macrophytes«, mednarodnega združenja za raziskave Donave EGM – IAD (International Association for Danube Research) v Mosonmagyaróvárju 1998; Janauer 2002)

- ap = (acro-pleustophytes) plava na vodni površini,
- sp = (submersed pleustophytes) ni pritrjena v sediment, pa tudi ne plava na površini,
- sa = (submersed anchored) pritrjena v sediment ali na podlago s koreninami, rizoidi ali drugimi pritrjevalnimi organi,
- fl = (floating leaf rooted plant) ukoreninjena, prisotni plavajoči in/ali potopljeni listi,
- am = (amphiphytes) amfibijska rastlina, ki se istočasno pojavlja v vodi kot tudi na bregu,
- he = (helophytes) obrežna rastlina, še očitno povezana z vodnim telesom, močvirska rastlina

B 4a: Tabela s podatki za:

MMT – povprečni masni indeks vrste v vseh odsekih reke

MMO – povprečni masni indeks vrste v odsekih, kjer se vrsta pojavlja

d – razmerje masnih indeksov, ki nam pove delež odsekov, v katerih je bila vrsta prisotna

RPM [%] – relativna rastlinska masa vrste

| vrsta | MMT | MMO | d | vrsta | RPM[%] |
|----------------|------|-------|------|----------------|--------|
| <i>Bryo</i> | 2,29 | 2,56 | 0,89 | <i>Pha aru</i> | 20,6 |
| <i>Equ pal</i> | 0,46 | 2,95 | 0,16 | <i>Pot per</i> | 14,9 |
| <i>Equ syl</i> | 0,39 | 2,09 | 0,19 | <i>Pot cri</i> | 9,2 |
| <i>Cal pal</i> | 0,05 | 1,00 | 0,05 | <i>Bryo</i> | 6,9 |
| <i>Myo aqu</i> | 0,33 | 1,00 | 0,33 | <i>Myr spi</i> | 6,3 |
| <i>Rum hyd</i> | 0,25 | 1,57 | 0,16 | <i>Lyt sal</i> | 4,6 |
| <i>Epi par</i> | 0,45 | 2,08 | 0,22 | <i>Myo sco</i> | 4,5 |
| <i>Lyt sal</i> | 1,51 | 3,00 | 0,50 | <i>But um</i> | 3,5 |
| <i>Myr spi</i> | 2,10 | 5,13 | 0,41 | <i>Phr aus</i> | 3,2 |
| <i>Ber ere</i> | 0,40 | 1,55 | 0,26 | <i>Ver aa</i> | 3,2 |
| <i>Ror am</i> | 0,47 | 3,02 | 0,16 | <i>Agr sto</i> | 2,6 |
| <i>Ror syl</i> | 0,33 | 1,20 | 0,28 | <i>Typ lat</i> | 2,5 |
| <i>Myo sco</i> | 1,49 | 5,12 | 0,29 | <i>Sch lac</i> | 2,3 |
| <i>Ver aa</i> | 1,04 | 5,28 | 0,20 | <i>Iri pse</i> | 1,6 |
| <i>Lyc eu</i> | 0,48 | 3,85 | 0,13 | <i>Lyc eu</i> | 1,5 |
| <i>But um</i> | 1,16 | 3,84 | 0,30 | <i>Ror am</i> | 1,4 |
| <i>Ali lan</i> | 0,21 | 2,09 | 0,10 | <i>Equ pal</i> | 1,4 |
| <i>Elo can</i> | 0,05 | 8,00 | 0,01 | <i>Epi par</i> | 1,3 |
| <i>Pot nod</i> | 0,32 | 4,42 | 0,07 | <i>Ber ere</i> | 1,2 |
| <i>Pot per</i> | 4,95 | 10,36 | 0,48 | <i>Equ syl</i> | 1,2 |
| <i>Pot pec</i> | 0,20 | 2,56 | 0,08 | <i>Ror syl</i> | 1,0 |
| <i>Pot cri</i> | 3,04 | 7,08 | 0,43 | <i>Myo aqu</i> | 0,99 |
| <i>Zan pal</i> | 0,01 | 1,00 | 0,01 | <i>Pot nod</i> | 0,96 |
| <i>Iri pse</i> | 0,52 | 5,56 | 0,09 | <i>Rum hyd</i> | 0,76 |
| <i>Sch lac</i> | 0,75 | 10,91 | 0,07 | <i>Spa sp.</i> | 0,68 |
| <i>Typ lat</i> | 0,84 | 3,95 | 0,21 | <i>Ali lan</i> | 0,64 |
| <i>Spa sp.</i> | 0,23 | 2,67 | 0,09 | <i>Pot pec</i> | 0,60 |
| <i>Pha aru</i> | 6,80 | 7,18 | 0,95 | <i>Elo can</i> | 0,14 |
| <i>Agr sto</i> | 0,86 | 1,75 | 0,49 | <i>Cal pal</i> | 0,14 |
| <i>Phr aus</i> | 1,05 | 11,52 | 0,09 | <i>Zan pal</i> | 0,035 |

Tabela B 4a: Podatki za MMT, MMO, d in RPM [%] za reko Pesnico

B 4b: Tabela s podatki za:

MMT – povprečni masni indeks vrste v vseh odsekih reke

MMO – povprečni masni indeks vrste v odsekih, kjer se vrsta pojavlja

d – razmerje masnih indeksov, ki nam pove delež odsekov, v katerih je bila vrsta prisotna

RPM [%] – relativna rastlinska masa vrste

| vrsta | MMT | MMO | d | vrsta | RPM [%] |
|----------------|------|-------|------|----------------|---------|
| <i>Bryo</i> | 1,64 | 2,00 | 0,83 | <i>Pha aru</i> | 30,9 |
| <i>Equ pal</i> | 1,00 | 2,95 | 0,34 | <i>Lyt sal</i> | 9,8 |
| <i>Equ syl</i> | 0,15 | 1,00 | 0,15 | <i>Typ lat</i> | 8,0 |
| <i>Cal pal</i> | 0,08 | 1,00 | 0,08 | <i>Phr aus</i> | 7,4 |
| <i>Myo aqu</i> | 0,34 | 1,00 | 0,34 | <i>Bryo</i> | 7,2 |
| <i>Rum hyd</i> | / | / | / | <i>Iri pse</i> | 4,7 |
| <i>Epi par</i> | 0,14 | 1,00 | 0,14 | <i>Equ pal</i> | 4,4 |
| <i>Lyt sal</i> | 2,22 | 3,80 | 0,59 | <i>Ror am</i> | 4,2 |
| <i>Myr spi</i> | / | / | / | <i>Myo sco</i> | 3,9 |
| <i>Ber ere</i> | 0,23 | 1,00 | 0,23 | <i>But um</i> | 3,1 |
| <i>Ror am</i> | 0,96 | 3,44 | 0,28 | <i>Ver aa</i> | 3,1 |
| <i>Ror syl</i> | 0,37 | 1,45 | 0,26 | <i>Lyc eu</i> | 2,2 |
| <i>Myo sco</i> | 0,88 | 4,31 | 0,21 | <i>Agr sto</i> | 1,7 |
| <i>Ver aa</i> | 0,71 | 5,37 | 0,13 | <i>Ror syl</i> | 1,6 |
| <i>Lyc eu</i> | 0,49 | 5,90 | 0,08 | <i>Ali lan</i> | 1,6 |
| <i>But um</i> | 0,71 | 2,80 | 0,26 | <i>Sch lac</i> | 1,5 |
| <i>Ali lan</i> | 0,37 | 2,73 | 0,14 | <i>Myo aqu</i> | 1,5 |
| <i>Elo can</i> | / | / | / | <i>Ber ere</i> | 1,0 |
| <i>Pot nod</i> | / | / | / | <i>Equ syl</i> | 0,64 |
| <i>Pot per</i> | / | / | / | <i>Epi par</i> | 0,60 |
| <i>Pot pec</i> | / | / | / | <i>Cal pal</i> | 0,33 |
| <i>Pot cri</i> | / | / | / | <i>Spa sp.</i> | 0,26 |
| <i>Zan pal</i> | / | / | / | <i>Rum hyd</i> | / |
| <i>Iri pse</i> | 1,07 | 7,38 | 0,15 | <i>Myr spi</i> | / |
| <i>Sch lac</i> | 0,35 | 17,81 | 0,02 | <i>Elo can</i> | / |
| <i>Typ lat</i> | 1,82 | 3,95 | 0,46 | <i>Pot nod</i> | / |
| <i>Spa sp.</i> | 0,06 | 1,00 | 0,06 | <i>Pot per</i> | / |
| <i>Pha aru</i> | 7,03 | 7,95 | 0,89 | <i>Pot pec</i> | / |
| <i>Agr sto</i> | 0,38 | 1,43 | 0,27 | <i>Pot cri</i> | / |
| <i>Phr aus</i> | 1,69 | 13,53 | 0,13 | <i>Zan pal</i> | / |

Tabela B 4b: Podatki za MMT, MMO, d in RPM [%] za srednji tok reke Pesnice

B 4c: Tabela s podatki za:

MMT – povprečni masni indeks vrste v vseh odsekih reke

MMO – povprečni masni indeks vrste v odsekih, kjer se vrsta pojavlja

d – razmerje masnih indeksov, ki nam pove delež odsekov, v katerih je bila vrsta prisotna

RPM [%] – relativna rastlinska masa vrste

| vrsta | MMT | MMO | d | vrsta | RPM [%] |
|----------------|------|-------|-------|----------------|---------|
| <i>Bryo</i> | 2,86 | 3,00 | 0,96 | <i>Pot per</i> | 21,9 |
| <i>Equ pal</i> | / | / | / | <i>Pha aru</i> | 15,7 |
| <i>Equ syl</i> | 0,60 | 2,71 | 0,22 | <i>Pot cri</i> | 13,5 |
| <i>Cal pal</i> | 0,02 | 1,00 | 0,02 | <i>Myr spi</i> | 9,3 |
| <i>Myo aqu</i> | 0,32 | 1,00 | 0,32 | <i>Bryo</i> | 6,8 |
| <i>Rum hyd</i> | 0,47 | 1,57 | 0,30 | <i>Myo sco</i> | 4,8 |
| <i>Epi par</i> | 0,71 | 2,53 | 0,30 | <i>But um</i> | 3,7 |
| <i>Lyt sal</i> | 0,88 | 2,05 | 0,43 | <i>Ver aa</i> | 3,2 |
| <i>Myr spi</i> | 3,91 | 5,13 | 0,76 | <i>Agr sto</i> | 3,0 |
| <i>Ber ere</i> | 0,54 | 1,96 | 0,28 | <i>Sch lac</i> | 2,6 |
| <i>Ror am</i> | 0,05 | 1,00 | 0,05 | <i>Lyt sal</i> | 2,1 |
| <i>Ror syl</i> | 0,30 | 1,00 | 0,30 | <i>Epi par</i> | 1,7 |
| <i>Myo sco</i> | 2,01 | 5,51 | 0,36 | <i>Equ syl</i> | 1,4 |
| <i>Ver aa</i> | 1,33 | 5,24 | 0,26 | <i>Pot nod</i> | 1,4 |
| <i>Lyc eu</i> | 0,47 | 2,93 | 0,161 | <i>Ber ere</i> | 1,3 |
| <i>But um</i> | 1,55 | 4,51 | 0,34 | <i>Phr aus</i> | 1,2 |
| <i>Ali lan</i> | 0,07 | 1,00 | 0,07 | <i>Lyc eu</i> | 1,1 |
| <i>Elo can</i> | 0,09 | 8,00 | 0,01 | <i>Rum hyd</i> | 1,1 |
| <i>Pot nod</i> | 0,59 | 4,42 | 0,13 | <i>Pot pec</i> | 0,88 |
| <i>Pot per</i> | 9,22 | 10,36 | 0,89 | <i>Spa sp.</i> | 0,88 |
| <i>Pot pec</i> | 0,37 | 2,56 | 0,15 | <i>Myo aqu</i> | 0,75 |
| <i>Pot cri</i> | 5,67 | 7,084 | 0,80 | <i>Ror syl</i> | 0,70 |
| <i>Zan pal</i> | 0,02 | 1,00 | 0,02 | <i>Elo can</i> | 0,21 |
| <i>Iri pse</i> | 0,05 | 1,00 | 0,05 | <i>Ali lan</i> | 0,17 |
| <i>Sch lac</i> | 1,10 | 9,85 | 0,11 | <i>Ror am</i> | 0,12 |
| <i>Typ lat</i> | / | / | / | <i>Iri pse</i> | 0,12 |
| <i>Spa sp.</i> | 0,37 | 3,50 | 0,11 | <i>Zan pal</i> | 0,05 |
| <i>Pha aru</i> | 6,59 | 6,59 | 1,00 | <i>Cal pal</i> | 0,05 |
| <i>Agr sto</i> | 1,28 | 1,85 | 0,69 | <i>Equ pal</i> | / |
| <i>Phr aus</i> | 0,50 | 8,00 | 0,06 | <i>Typ lat</i> | / |

Tabela B 4c: Podatki za MMT, MMO, d in RPM [%] za spodnji tok reke Pesnice

PRILOGA C

Rezultati fizikalnih meritev in kemijskih analiz vode reke Pesnice

| | čas | T | O ₂ % | mg/l | pH | nitriti | ortofosfati | prevodnost |
|---|-------|------|------------------|------|------|---------|-------------|------------|
| 1 | 09.25 | 21,1 | 104 | 9,0 | 8,34 | 3,92 | 0,023 | 662 |
| 2 | 10.25 | 23,8 | 64 | 5,2 | 8,32 | / | / | 638 |
| 3 | 11.35 | 24,6 | 134 | 5,8 | 8,66 | 3,13 | 0,026 | 537 |
| 4 | 13.50 | 22,5 | 83 | 7,0 | 8,25 | 4,93 | 0,088 | 491 |
| 5 | 15.00 | 22,7 | 80 | 6,7 | 8,24 | 4,69 | 0,081 | 485 |
| 6 | 17.15 | 21,6 | 94 | 8,1 | 8,17 | 8,97 | 0,057 | 538 |
| 7 | 18.05 | 21,6 | 111 | 9,6 | 8,04 | 14,41 | 0,043 | 554 |
| 8 | 19.05 | 22,4 | 115 | 9,8 | 8,49 | 13,76 | 0,080 | 539 |

Tabela C 1: Rezultati fizikalnih meritev in analize vodnih vzorcev s prve meritve na reki Pesnici, dne 27. 7. 2005

| | čas | T | O ₂ % | mg/l | pH | nitriti | ortofosfati | prevodnost |
|---|-------|------|------------------|------|------|---------|-------------|------------|
| 1 | 10.05 | 17,1 | 104 | 9,6 | 8,34 | 3,40 | 0,081 | 619 |
| 2 | 10.35 | 19,0 | 73 | 6,0 | 8,15 | 3,96 | 0,037 | 648 |
| 3 | 10.55 | 20,3 | 108 | 9,7 | 8,17 | 4,11 | 0,022 | 556 |
| 4 | 11.40 | 18,5 | 83 | 7,4 | 8,00 | 7,39 | 0,084 | 405 |
| 5 | 12.25 | 18,3 | 84 | 7,5 | 8,00 | 3,66 | 0,091 | 394 |
| 6 | 12.55 | 18,5 | 83 | 7,7 | 7,94 | 6,99 | 0,104 | 585 |
| 7 | 13.35 | 18,5 | 88 | 8,1 | 8,12 | 11,56 | 0,135 | 423 |
| 8 | 14.10 | 18,8 | 86 | 7,9 | 8,06 | 12,64 | 0,135 | 397 |

Tabela C 2: Rezultati fizikalnih meritev in analize vodnih vzorcev z druge meritve na reki Pesnici, dne 15. 9. 2005

| | čas | T | O ₂ % | mg/l | pH | nitriti | ortofosfati | prevodnost |
|---|-------|------|------------------|------|------|---------|-------------|------------|
| 1 | 13.15 | 11,2 | 138 | 9,4 | 8,04 | 1,44 | 0,028 | 548 |
| 2 | 13.30 | 10,9 | 84 | 8,4 | 8,04 | 4,77 | 0,042 | 558 |
| 3 | 13.45 | 11,7 | 141 | 9,8 | 8,29 | 2,53 | 0,031 | 477 |
| 4 | 14.20 | 10,8 | 126 | 9,0 | 8,33 | 1,53 | 0,021 | 449 |
| 5 | 15.00 | 10,6 | 125 | 8,9 | 8,37 | 1,36 | 0,020 | 439 |
| 6 | 15.15 | 10,8 | 119 | 8,5 | 8,27 | 3,12 | 0,015 | 418 |
| 7 | 15.35 | 11,0 | 130 | 9,2 | 8,29 | 5,11 | 0,037 | 483 |
| 8 | 16.05 | 10,9 | 131 | 9,5 | 8,32 | 6,71 | 0,043 | 456 |

Tabela C 3: Rezultati fizikalnih meritev in analize vodnih vzorcev s tretje meritve na reki Pesnici, dne 5. 11. 2005 (9. 11.)

NEDOH M. Okoljska ocena in makrofiti reke Pesnice.

Diplomsko delo. Ljubljana. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za biologijo, 2008

PRILOGA D: Rezultati širše okoljske ocene (RCE) in ocene habitatnih parametrov (MIDCC) za reko Pesnico.

Slovenska RCE metoda (Germ, Jogan, 1997; Urbanič in Toman, 2003), prirejena po Petersenu (Riparian, Channel and Environmental Inventory, 1992).

Habitatni parametri po MIDCC metodi (Multifunctional Integrated Study Danube Corridor and Catchment, Janauer, 2002).

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| odsek | 15,622 812 | 15,626 093 | 15,628 906 | 15,634 062 | 15,637 499 | 15,638 541 | 15,645 624 | 15,651 667 | 15,648 958 | 15,652 968 | 15,654 479 | 15,664 473 | 15,673 281 | 15,681 875 | 15,687 812 | 15,696 250 | 15,701 250 | 15,713 750 | 15,720 310 | 15,728 749 |
| odsek | 46,636 603 | 46,632 939 | 46,629 312 | 46,627 587 | 46,622 415 | 46,620 799 | 46,619 290 | 46,616 381 | 46,613 543 | 46,609 304 | 46,604 779 | 46,602 864 | 46,602 659 | 46,601 329 | 46,599 426 | 46,599 103 | 46,595 367 | 46,593 715 | 46,590 626 | 46,586 855 |
| razdal | 508 | 576 | 452 | 681 | 224 | 582 | 561 | 525 | 610 | 611 | 867 | 834 | 681 | 684 | 667 | 572 | 974 | 622 | 656 | 155 |
| RCE | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1 | 20 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 2 | 20 | 5 | 20 | 5 | 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 5 | 5 | 20 | 5 | 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 5 | 1 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | 15 | 15 | 15 | 15 | 1 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 5 | 15 | 5 | 15 | 15 | 5 | 1 | 1 | 1 |
| 5 | 15 | 5 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 |
| 6 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 10 | 10 | 10 |
| 7 | 15 | 15 | 5 | 5 | 1 | 5 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 5 | 1 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 |
| 8 | 25 | 25 | 25 | 15 | 1 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 5 | 5 | 5 | 15 | 15 | 5 | 1 | 1 | 1 |
| 9 | 15 | 15 | 15 | 15 | 1 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 |
| 11 | 25 | 20 | 25 | 20 | 1 | 20 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 1 | 1 | 1 |
| 12 | 25 | 25 | 25 | 10 | 25 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 10 | 10 | 5 | 1 | 1 | 1 |
| ∑ | 210 | 170 | 200 | 140 | 77 | 140 | 135 | 135 | 130 | 130 | 116 | 72 | 86 | 68 | 105 | 105 | 72 | 30 | 30 | 30 |
| HP | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 5 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 |
| 4 | 313 | 313 | 313 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 11908 | 24 | 21 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 |

Tabela D1: Ocena po RCE, habitatni parametri (MIDCC), koordinate in dolžina odsekov 1 – 20 na reki Pesnici

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| odsek | 15,728 450 | 15,738 801 | 15,741 354 | 15,746 145 | 15,750 989 | 15,757 708 | 15,762 864 | 15,764 427 | 15,766 092 | 15,769 322 | 15,773 906 | 15,784 010 | 15,791 354 | 15,796 875 | 15,805 000 | 15,808 385 | 15,812 395 | 15,818 125 | 15,820 885 | 15,827 239 |
| odsek | 46,586 720 | 46,579 742 | 46,578 484 | 46,577 515 | 46,576 546 | 46,576 438 | 46,573 744 | 46,570 260 | 46,568 183 | 46,561 315 | 46,561 387 | 46,562 896 | 46,567 565 | 46,567 781 | 46,568 176 | 46,564 548 | 46,562 393 | 46,562 213 | 46,560 238 | 46,553 018 |
| razdal | 0 | 269 | 391 | 409 | 515 | 496 | 435 | 252 | 0 | 351 | 815 | 778 | 440 | 624 | 529 | 394 | 461 | 306 | 957 | 652 |
| RCE | 0 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 0 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 |
| 1 | 0 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 0 | 10 | 10 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 10 | 10 |
| 2 | 0 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 0 | 1 | 1 | 1 | 5 | 5 | 5 | 20 | 20 | 5 | 5 | 5 |
| 3 | 0 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 5 | 0 | 1 | 1 | 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 4 | 0 | 15 | 15 | 15 | 5 | 5 | 5 | 15 | 0 | 1 | 1 | 1 | 15 | 15 | 5 | 25 | 25 | 15 | 15 | 15 |
| 5 | 0 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 6 | 0 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 0 | 15 | 10 | 10 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 7 | 0 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 0 | 5 | 1 | 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 8 | 0 | 15 | 15 | 15 | 5 | 5 | 5 | 15 | 0 | 1 | 1 | 1 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 9 | 0 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 0 | 5 | 1 | 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 10 | 0 | 5 | 15 | 15 | 5 | 5 | 5 | 5 | 0 | 5 | 5 | 5 | 15 | 5 | 5 | 15 | 15 | 5 | 5 | 5 |
| 11 | 0 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 0 | 1 | 1 | 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 12 | 0 | 10 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 0 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| ∑ | 0 | 105 | 115 | 111 | 68 | 68 | 68 | 96 | 0 | 51 | 38 | 48 | 120 | 110 | 100 | 145 | 145 | 110 | 100 | 100 |
| HP | 0 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 0 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 |
| 1 | 0 | 3 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 0 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 2 | 0 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 41 | 41 | 41 | 41 | 0 | 42 | 5 | 5 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 |
| 4 | 0 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 0 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 313 | 313 | 24 | 24 | 24 |

Tabela D2: Ocena po RCE, habitatni parametri (MIDCC), koordinate in dolžina odsekov 21 – 38 na reki Pesnici (Per J = jezero Pernica, Pris J = jezero Pristava)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| odsek | 15,832 759 | 15,837 812 | 15,846 353 | 15,849 166 | 15,857 447 | 15,862 499 | 15,862 753 | 15,873 280 | 15,874 374 | 15,881 822 | 15,890 520 | 15,895 520 | 15,902 499 | 15,912 916 | 15,918 124 | 15,923 905 | 15,925 208 | 15,924 010 | 15,925 833 | 15,933 072 |
| odsek | 46,548 851 | 46,549 390 | 46,549 713 | 46,550 324 | 46,552 802 | 46,555 532 | 46,555 532 | 46,557 472 | 46,556 898 | 46,551 186 | 46,546 696 | 46,544 793 | 46,542 099 | 46,536 496 | 46,532 616 | 46,526 043 | 46,518 033 | 46,512 789 | 46,507 581 | 46,500 576 |
| razdal | 395 | 660 | 230 | 703 | 500 | 20 | 915 | 113 | 855 | 805 | 443 | 669 | 993 | 578 | 858 | 897 | 590 | 602 | 952 | 485 |
| RCE | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 0 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 |
| 1 | 10 | 20 | 20 | 20 | 20 | 0 | 10 | 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 0 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 3 | 20 | 5 | 5 | 20 | 20 | 0 | 20 | 1 | 20 | 20 | 5 | 5 | 20 | 20 | 5 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 4 | 15 | 15 | 5 | 15 | 15 | 0 | 15 | 5 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 6 | 15 | 15 | 15 | 15 | 1 | 0 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 15 |
| 7 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 0 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 5 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 8 | 15 | 5 | 5 | 15 | 5 | 0 | 15 | 5 | 15 | 15 | 5 | 5 | 15 | 15 | 5 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 9 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 0 | 5 | 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 5 | 5 | 5 |
| 10 | 5 | 5 | 15 | 15 | 15 | 0 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 5 | 5 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 11 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 0 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 12 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 0 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| ∑ | 121 | 106 | 106 | 141 | 117 | 0 | 135 | 92 | 126 | 122 | 97 | 92 | 107 | 103 | 92 | 117 | 121 | 121 | 126 | 126 |
| HP | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 |
| 1 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 0 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 0 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 |
| 4 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 0 | 24 | 24 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 |

Tabela D3: Ocena po RCE, habitatni parametri (MIDCC), koordinate in dolžina odsekov 39 – 58 na reki Pesnici

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| odsek | 15,934 635 | 15,936 458 | 15,940 208 | 15,940 938 | 15,940 208 | 15,942 865 | 15,948 333 | 15,953 646 | 15,958 489 | 15,961 822 | 15,964 634 | 15,972 655 | 15,979 582 | 15,991 509 | 15,998 530 | 16,007 447 | 16,012 812 | 16,020 051 | 16,087 187 | 16,036 510 |
| odsek | 46,495 338 | 46,487 968 | 46,482 940 | 46,475 468 | 46,467 602 | 46,462 142 | 46,455 892 | 46,452 408 | 46,450 970 | 46,445 223 | 46,441 667 | 46,437 285 | 46,431 717 | 46,429 311 | 46,427 976 | 46,426 832 | 46,424 569 | 46,417 493 | 46,415 482 | 46,415 051 |
| razdal | 946 | 627 | 877 | 918 | 634 | 822 | 568 | 405 | 696 | 453 | 790 | 818 | 966 | 629 | 667 | 489 | 980 | 598 | 719 | 375 |
| RCE | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 |
| 1 | 1 | 1 | 10 | 1 | 1 | 1 | 10 | 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 | 20 | 10 | 10 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 3 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 5 | 20 | 20 | 20 | 5 | 20 | 20 | 20 | 5 | 20 | 5 | 5 | 20 | 1 |
| 4 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 1 |
| 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 5 | 5 | 1 | 5 | 1 |
| 6 | 15 | 15 | 10 | 15 | 15 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 15 | 15 | 15 | 10 | 15 | 15 | 15 | 10 | 10 |
| 7 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 5 | 5 | 10 | 5 | 10 | 10 | 5 |
| 8 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 5 | 15 | 15 | 15 | 5 | 15 | 15 | 15 | 5 | 15 | 5 | 5 | 15 | 5 |
| 9 | 5 | 5 | 1 | 1 | 5 | 1 | 1 | 5 | 1 | 1 | 1 | 5 | 5 | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 5 | 1 |
| 10 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 5 | 5 | 5 | 5 | 15 | 15 | 15 | 5 | 15 | 15 | 5 | 15 | 5 |
| 11 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 12 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 5 | 10 | 10 | 10 | 5 | 5 |
| ∑ | 126 | 126 | 126 | 118 | 126 | 117 | 96 | 111 | 98 | 98 | 77 | 117 | 126 | 121 | 91 | 135 | 101 | 87 | 116 | 50 |
| HP | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 |
| 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| 3 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 41 |
| 4 | 21 | 21 | 24 | 21 | 21 | 21 | 24 | 24 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 24 | 24 | 24 | 24 | 21 | 21 | 21 |

Tabela D4: Ocena po RCE, habitatni parametri (MIDCC), koordinate in dolžina odsekov 59 – 78 na reki Pesnici

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| odsek | 16,040 416 | 16,046 927 | 16,055 885 | 16,061 197 | 16,067 187 | 16,070 937 | 16,081 197 | 16,084 843 | 16,091 406 | 16,095 677 | 16,104 010 | 16,109 634 | 16,113 854 | 16,118 489 | 16,127 812 | 16,134 166 | 16,138 437 |
| odsek | 46,413 147 | 46,407 364 | 46,402 192 | 46,402 336 | 46,404 491 | 46,405 640 | 46,400 935 | 46,398 888 | 46,399 966 | 46,401 007 | 46,401 259 | 46,399 786 | 46,399 247 | 46,399 032 | 46,400 289 | 46,402 552 | 46,404 527 |
| razdal | 817 | 928 | 408 | 548 | 317 | 980 | 385 | 960 | 385 | 678 | 467 | 331 | 353 | 806 | 605 | 403 | 0 |
| RCE | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 0 |
| 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 20 | 20 | 20 | 0 |
| 2 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 20 | 20 | 20 | 5 | 5 | 5 | 5 | 20 | 20 | 20 | 0 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 5 | 1 | 5 | 5 | 20 | 20 | 5 | 1 | 1 | 1 | 30 | 30 | 30 | 0 |
| 4 | 5 | 5 | 1 | 15 | 5 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 5 | 5 | 5 | 15 | 15 | 15 | 0 |
| 5 | 1 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 5 | 5 | 1 | 1 | 5 | 1 | 5 | 5 | 1 | 0 |
| 6 | 10 | 10 | 10 | 15 | 10 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 0 |
| 7 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 5 | 0 |
| 8 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 15 | 15 | 5 | 5 | 5 | 5 | 15 | 15 | 15 | 0 |
| 9 | 1 | 1 | 1 | 5 | 1 | 5 | 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 0 |
| 10 | 5 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 5 | 5 | 5 | 5 | 15 | 15 | 5 | 5 | 5 | 0 |
| 11 | 25 | 25 | 20 | 10 | 20 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 0 |
| 12 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 10 | 10 | 5 | 5 | 0 |
| ∑ | 88 | 92 | 93 | 110 | 93 | 106 | 107 | 130 | 130 | 86 | 72 | 91 | 87 | 155 | 145 | 141 | 0 |
| HP | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 0 |
| 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 0 |
| 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 0 |
| 3 | 41 | 41 | 41 | 42 | 41 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 41 | 41 | 41 | 41 | 41 | 41 | 0 |
| 4 | 24 | 21 | 21 | 21 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 0 |

Tabela D5: Ocena po RCE, habitatni parametri (MIDCC), koordinate in dolžina odsekov 79 – 94 na reki Pesnici