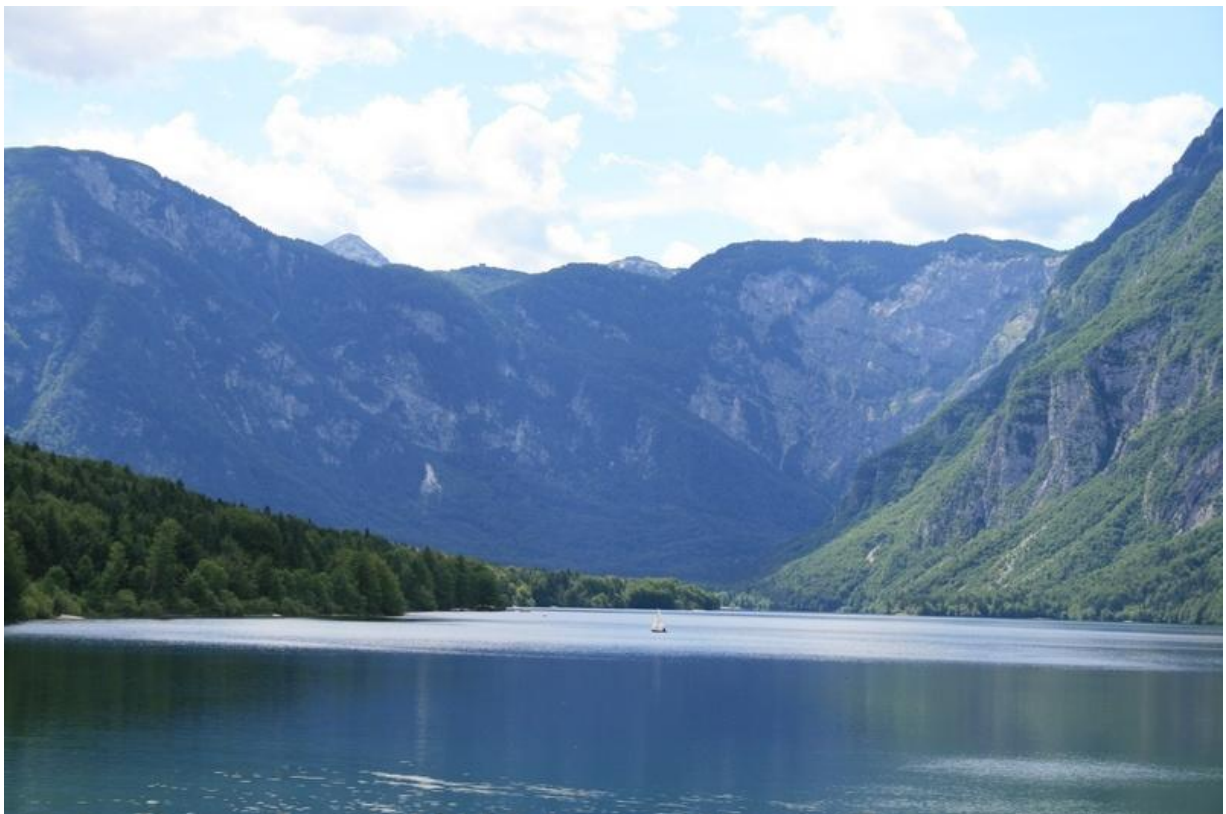


UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

URBANIČ G., TOMAN M. J.

# **LIMNOLOGIJA IN EKOSISTEMI-celinske vode**

**Praktikum**



Ljubljana, 2009

## KAZALO VSEBINE

<b>I. JEZERO.....</b>	<b>I</b>
1 PELAGIAL.....	2
1.1 Fizikalni in kemijski parametri .....	2
1.2 Plankton .....	6
2 LITORAL .....	9
2.1 Litoralni bentos .....	9
2.1 Makrofiti .....	12
3 PROFUNDAL .....	14
3.1 Profundalni bentos .....	14
4 RABA ZEMLJIŠČA OB JEZERU .....	16
<b>II. TEKOČE VODE .....</b>	<b>18</b>
1 VTOK IN IZTOK IZ JEZERA .....	18
1.1 Hidromorfološki parametri .....	18
1.2 Fizikalni in kemijski parametri .....	21
1.3 Združba bentoških nevretenčarjev .....	23
2 VODOTOK RIBNICA.....	25
2.1 Hidromorfološki parametri .....	25
2.2 Fizikalni in kemijski parametri .....	28
2.3 Združba bentoških nevretenčarjev .....	30
2.4 Združba obrasti .....	32
2.5 Združba rib.....	36
3 VODOTOK SAVICA .....	39
3.1 Hidrološki parametri .....	39
3.2 Združba plavljenih bentoških nevretenčarjev .....	40
<b>III. VIRI.....</b>	<b>44</b>
<b>IV. PRILOGE .....</b>	<b>45</b>

## KAZALO VAJ

VAJA 1. VERTIKALNO SPREMINJANJE FIZIKALNIH IN KEMIJSKIH PARAMETROV V JEZERU. .....	2
VAJA 2. SESTAVA IN VERTIKALNA RAZPOREDITEV PLANKTONA V PELAGIALU JEZERA. ..	6
VAJA 3. SESTAVA IN (MIKRO)RAZPOREDITEV BENTOŠKIH NEVREtenČARJEV V ZGORNJEM LITORALU JEZERA. ....	9
VAJA 4. TIPI MAKROFITOV V LITORALU JEZERA IN NJHOVA RAZPOREDITEV. ....	12
VAJA 5. SESTAVA IN RAZPOREDITEV MAKROFITOV V LITORALU JEZERA. ....	13
VAJA 6. RAZPOREDITEV BENTOŠKIH NEVREtenČARJEV V PROFUNDALU JEZERA. ....	14
VAJA 7. RABA ZEMLJIŠČA OB JEZERU. ....	16
VAJA 8. HIDROMORFOLOŠKE ZNAČILNOSTI VTOKA IN IZTOKA IZ JEZERA. ....	18
VAJA 9. VPLIV JEZERA NA FIZIKALNE IN KEMIJSKE PARAMETRE. ....	21
VAJA 10. VPLIV JEZERA NA ZDRUŽBO BENTOŠKIH NEVREtenČARJEV. ....	23
VAJA 11. LONGITUDINALNO SPREMINJANJE HIDROMORFOLOŠKIH ZNAČILNOSTI VODOTOKA. ....	25
VAJA 12. LONGITUDINALNO SPREMINJANJE FIZIKALNIH IN KEMIJSKIH ZNAČILNOSTI VODE V VODOTOKU. ....	28
VAJA 13. LONGITUDINALNO SPREMINJANJE ZDRUŽBE BENTOŠKIH NEVREtenČARJEV V VODOTOKU. ....	30
VAJA 14. PRIMERJAVA ZDRUŽBE BENTOŠKIH NEVREtenČARJEV NA VELIKOSTNI KATEGORIJI HABITAT (TOLMUN/BRZICA) IN MIKROHABITAT (KATEGORIJE SUBSTRATA). ....	30
VAJA 15. MIKRORAZPOREDITEV, LONGITUDINALNO SPREMINJANJE ZDRUŽBE IN BIOMASA PERIFITONA V VODOTOKU. ....	32
VAJA 16. LONGITUDINALNO SPREMINJANJE ZDRUŽBE RIB V VODOTOKU. ....	36
VAJA 17. 24-URNO SPREMLJANJE PLAVLJENJA BENTOŠKIH NEVREtenČARJEV .....	39

## KAZALO PREGLEDNIC

PREGLEDNICA 1. VERTIKALNO SPREMINJANJE FIZIKALNIH IN KEMIJSKIH ZNAČILNOSTI VODE V JEZERU. ....	4
PREGLEDNICA 2. FIZIKALNE IN KEMIJSKE ZNAČILNOSTI VODE V EPI-, META- IN HIPOLIMNIJU JEZERA. ....	5
PREGLEDNICA 3. SECCHI-JEVA GLOBINA.....	5
PREGLEDNICA 4. PLANKTON V PELAGIALU JEZERA. ....	8
PREGLEDNICA 5. ZDRUŽBA BENTOŠKIH NEVREtenČARJEV V ZGORNJEM LITORALU JEZERA. ....	10
PREGLEDNICA 6. ZDRUŽBA BENTOŠKIH NEVREtenČARJEV V PROFUNDALU JEZERA. ....	15
PREGLEDNICA 7. HITROST VODNEGA TOKA IN PRETOK NA VTOKU IN IZTOKU IZ JEZERA. .....	19
PREGLEDNICA 8. SUBSTRAT. ....	21
PREGLEDNICA 9. FIZIKALNE IN KEMIJSKE ZNAČILNOSTI VODE NA VTOKU IN IZTOKU IZ JEZERA. ....	22
PREGLEDNICA 10. ZDRUŽBA BENTOŠKIH NEVREtenČARJEV NA VTOKU IN IZTOKU IZ JEZERA. ....	24
PREGLEDNICA 11. HITROST VODNEGA TOKA IN PRETOK VODOTOKA RIBNICA. ....	26
PREGLEDNICA 12. FIZIKALNE IN KEMIJSKE ZNAČILNOSTI VODE V VODOTOKU. ....	29
PREGLEDNICA 13. MAKROINVERTEBRATI VODOTOKA RIBNICA. ....	31
PREGLEDNICA 14. ZDRUŽBA OBRASI VODOTOKA RIBNICA, VZORČNO MESTO 1. ....	34
PREGLEDNICA 15. ZDRUŽBA OBRASI VODOTOKA RIBNICA, VZORČNO MESTO 2. ....	35
PREGLEDNICA 16. ZDRUŽBA RIB NA VTOKU IN IZTOKU IZ JEZERA. ....	37
PREGLEDNICA 17. HIDROMORFOLOŠKE ZNAČILNOSTI NA IZBRANIH VZORČNIH MESTIH V VODOTOKU SAVICA.....	39
PREGLEDNICA 18. ZDRUŽBA PLAVLJENIH BENTOŠKIH NEVREtenČARJEV VODOTOKA SAVICA; MATICA STRUGE. ....	42
PREGLEDNICA 19. ZDRUŽBA PLAVLJENIH BENTOŠKIH NEVREtenČARJEV VODOTOKA SAVICA; OB LEVEM BREGU.....	43

## KAZALO PRILOG

PRILOGA 1. POPIS DELEŽEV SUBSTRATA IN UMEŠTITEV VZORČNIH ENOT V VODOTOKU	45
PRILOGA 2. POPIS DELEŽEV RAZREDOV GLOBIN IN UMEŠTITEV VZORČNIH ENOT V LITORALU JEZERA.....	46
PRILOGA 3. SKICA ZA VRISOVANJE TIPA SUBSTRATA IN UMEŠTITEV VZORČNIH ENOT V TOLMUNU OZ. BRZICI.....	47
PRILOGA 4. SKICA ZA VRISOVANJE TIPA SUBSTRATA IN UMEŠTITEV VZORČNIH ENOT V VODOTOKU.....	48
PRILOGA 5. SKICA ZA VRISOVANJE KATEGORIJE GLOBINE IN UMEŠTITEV VZORČNIH ENOT V LITORALU JEZERA .....	49
PRILOGA 6. OSNOVNE STATISTIČNE ENAČBE.....	50
PRILOGA 7. INDEKSI PODOBNOSTI .....	51
PRILOGA 8. INDEKS PREHRANSKIH SKUPIN.....	52
PRILOGA 9. DIVERZITETNI INDEKS .....	52
PRILOGA 10. PREGLEDNICA ZA VPISOVANJE PODATKOV O ŠTEVILČNOSTI ORGANIZMOV V POSAMEZNEM PODVZORCU.....	53
PRILOGA 11. PREGLEDNICA ZA VPISOVANJE PODATKOV O DELEŽU ORGANIZMOV IN PRIPADNOSTI PREHRANSKIM SKUPINAM .....	54
PRILOGA 12. TIPI MAKROFITOV (PO ARBER, 1920 IN SCULTHORPE, 1967; IZ WETZEL, 2001) .....	55
PRILOGA 13. PREGLEDNICA ZA VPISOVANJE PODATKOV O DOLŽINI IN MASI RIB.....	56
PRILOGA 14. IZOBATE BOHINJSKEGA JEZERA (EKVIDISTANCA 8M) (IZ REKAR & BAT 2003) .....	57
PRILOGA 15. BOHINJSKO JEZERO S PRITOKI IN RABO ZEMLJIŠČA (PO CORINE LAND COVER 2000) .....	58

---

## KAZALO SLIK

SLIKA 1. PLANKTONSKA MREŽA .....	7
SLIKA 2. RAZPOREDITEV EKOLOŠKIH TIPOV MAKROFITOV V JEZERU (EM-EMERGENTNI MAKROFITI, PL-MAKROFITI S PLAVAJOČIMI LISTI, PT-POTOPLJENI MAKROFITI, PP- PROSTOPLAVAJOČI MAKROFITI) .....	12
SLIKA 3. EKMANOV GRABILEC .....	14
SLIKA 4. RABA ZEMLJIŠČA OB BOHINJSKEM JEZERU (PO CORINE LAND COVER 2000)..	17
SLIKA 5. IZLOV RIB PO CELOTNI ŠIRINI VODOTOKA. ....	36

# I. JEZERO

## 1 PELAGIAL

### 1.1 Fizikalni in kemijski parametri

#### Vaja 1. Vertikalno spreminjanje fizikalnih in kemijskih parametrov v jezeru.

##### Metodologija

- 3 vzorčna mesta; vertikalno spreminjanje parametrov v odvisnosti od globine
  - a) koncentracija v vodi raztopljenega kisika,
  - b) nasičenost vode s kisikom,
  - c) temperatura vode.
- vsako vzorčno mesto 3 podvzorci:
  - a) epilimnij,
  - b) metalimnij,
  - c) hipolimnij.

##### A) aparativno (teren)

- prevodnost,
- pH,
- Secchi-jeva globina,

##### B) analitsko (laboratorij)

- nitrati,
- ortofosfati,
- klorofil *a*
- suspendirane snovi.

##### Material

###### Teren

- pH meter,
- 3M KCl,
- oksimeter,
- konduktometer,

- Secchi-jeva plošča,
- posode za vodo (36 x 1L ali 9 x 4L),
- alkoholni marker,
- navadni svinčnik.

#### Laboratorij

- sušilnik,
- spektrofotometer,
- kemikalije,
- laboratorijska steklovina,
- tehtnica,
- nuča,
- filter papir,
- magnetno mešalo,
- destilirana voda.



**Preglednica 2. Fizikalne in kemijske značilnosti vode v epi-, meta- in hipolimniju jezera.**

Jezero									
Vzorčno mesto	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Plast	epilimnij			metalimnij			hipolimnij		
Globina (m)									
Datum									
Prevodnost ( $\mu\text{S/cm}$ )									
pH									
Suspendirane snovi (mg/l)									
Nitrati (mg $\text{NO}_3^-/\text{l}$ )									
Ortofosfati (mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{l}$ )									
Klorofil <i>a</i> ( $\mu\text{g/l}$ )									

**Preglednica 3. Secchi-jeva globina**

Jezero			
Vzorčno mesto	1	2	3
Datum			
Secchi (m)			

## 1.2 Plankton

### Vaja 2. Sestava in vertikalna razporeditev planktona v pelagialu jezera.

#### Metodologija

- 3 vzorčna mesta,
- vsako vzorčno mesto 4 vzorce:

#### A) Planktonska mreža

- a) vertikalni poteg (od dna proti površini).

#### Pričakovani rezultati

- taksonomska sestava

#### B) Ruttnerjev vzorčevalnik (4 x 1,5 L vode)

- b) epilimnij,
- c) metalimnij,
- d) hipolimnij.

#### Pričakovani rezultati

- taksonomska sestava

- povprečno število osebkov/L ( $\pm$  standardna napaka (SE))

- Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks (H')

- podobnost med vzorci ( $S_{BC}$ - Bray-Curtisov indeks podobnosti  $\rightarrow$  dendrogram)

#### Material

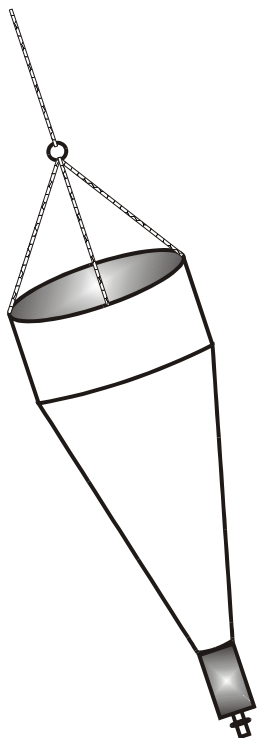
##### Teren

- Ruttnerjev vzorčevalnik ( $V = 1,5$  L),
- planktonska mreža (odprtine  $20 \mu\text{m}$ ),
- posode za vzorce ( $12 \times 0,25$  L),
- alkoholni marker,
- navadni svinčnik.

##### Laboratorij

- mikroskop,
- objektna in krovna stekelca,
- kapalke,

- lugol (1:100) ali formalin (2-4 %).



**Slika 1. Planktonska mreža**

Izračun:

$$N = (\bar{y} \cdot V_{vz}) / (V_{fv} \cdot V_p) \quad \dots(1)$$

$N$  – povprečno število osebkov /L (vzorec)

$\bar{y}$  – povprečno število osebkov v pregledanem volumnu (povprečje petih ponovitev)

$V_{vz}$  – volumen zgoščenega vzorca (70 mL) [mL]

$V_{fv}$  – volumen prefiltrirane vode (6 L) [L]

$V_p$  – volumen pregledanega podvzorca ob vsaki ponovitvi (~ 0,125 mL) [mL]



## 2 LITORAL

### 2.1 Litoralni bentos

#### Vaja 3. Sestava in (mikro)razporeditev bentoških nevretenčarjev v zgornjem litoralu jezera.

##### Metodologija

- 3 vzorčna mesta;
  - 1) kamnit, z makrofiti neporasel litoral,
  - 2) litoral porasel s submerznimi makrofiti.
  - 3) litoral porasel z emergentnimi makrofiti.
- vzorčenje z ročno mrežo;
  - 1) vzorčenje do globine 1 m
  - 2) 10 vzorčnih enot na vsakem vzorčnem mestu izbranih na dolžini 10 m
  - 3) vzorčne enote izbrane glede na delež kategorije globin (priloga 2)
  - 4) velikost vzorčne enote je 25 cm x 25 cm
  - 5) a) 10 vzorčnih enot skupaj je vzorec (vaja 3)
    - b) vsaka vzorčna enota je vzorec

##### Pričakovani rezultati

- taksonomska sestava

- število osebkov

- število taksonov

- Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks (H')

- podobnost med vzorčnima mestoma (S<sub>BC</sub>- Bray-Curtisov indeks podobnosti

→ dendrogram)

- deleži prehranskih skupin (po Fauna Aquatica Austriaca)

- soodvisnost med številom taksonov in kategorijo globine

##### Material

###### Teren

- ročna vodna mreža,
- banjica,





## 2.1 Makrofiti

### Vaja 4. Tipi makrofitov v litoralu jezera in njihova razporeditev.

#### Metodologija

- popis ekoloških tipov makrofitov (po Arber, 1920 in Sculthorpe, 1967; iz Wetzel, 2001) (glej prilogo 9)

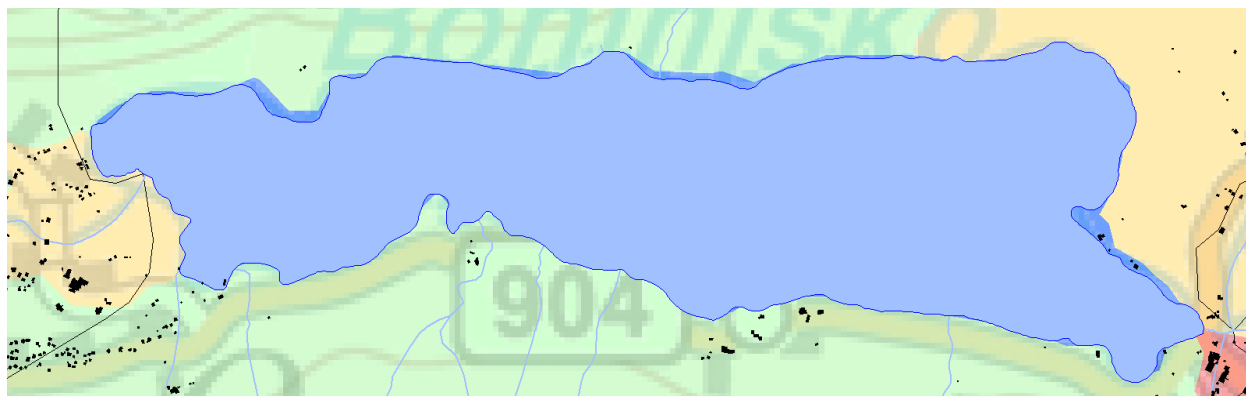
#### Pričakovani rezultati

- karta jezera z razporeditvijo ekoloških tipov makrofitov

#### Material

- navadni svinčnik
- skica jezera

#### Rezultati



**Slika 2. Razporeditev ekoloških tipov makrofitov v jezeru (EM-emergentni makrofiti, PL-makrofiti s plavajočimi listi, PT-potopljeni makrofiti, PP-prostoplavajoči makrofiti)**



### 3 PROFUNDAL

#### 3.1 Profundalni bentos

##### Vaja 6. Razporeditev bentoških nevretenčarjev v profundalu jezera.

###### Metodologija

- 3 vzorčna mesta,
- Ekmanov grabilec (15 cm x 15 cm),
- vsako vzorčno mesto 10 vzorčnih enot

###### Pričakovani rezultati

- taksonomska sestava

- število osebkov

- Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks ( $H'$ )

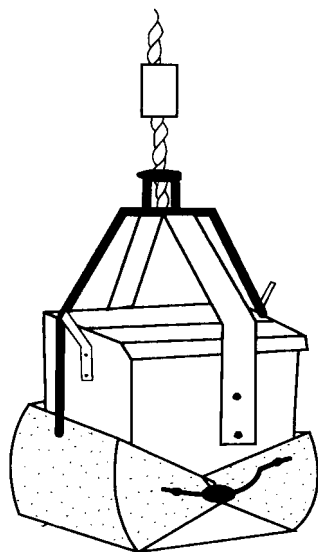
- podobnost med vzorčnimi mesti ( $S_{BC}$ - Bray-Curtisov indeks podobnosti → dendrogram)

- deleži prehranskih skupin (po Fauna Aquatica Austriaca)

###### Material

Teren

- Ekmanov grabilec,



Slika 3. Ekmanov grabilec



---

Skupno število taksonov			
H'			

#### 4 RABA ZEMLJIŠČA OB JEZERU

##### Vaja 7. Raba zemljišča ob jezeru

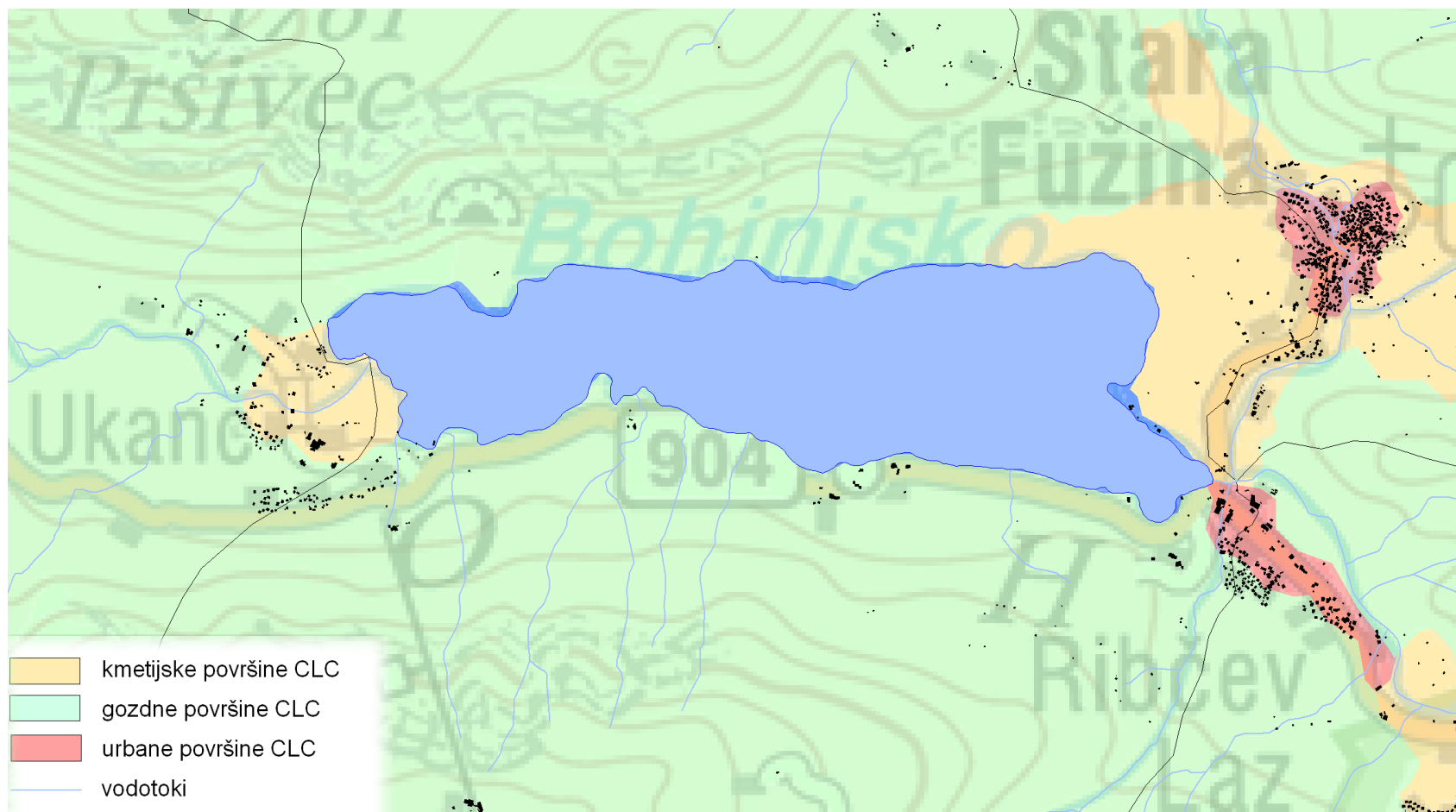
###### Metodologija

- določitev tipov rabe zemljišča:
  - gozdne površine: listopadni gozd, iglasti gozd, mešani gozd,
  - kmetijske površine: travnik, pašnik, njiva,
  - urbane površine.

###### Pričakovani rezultati

- karta jezera s prikazano rabo zemljišča ob jezeru

Rezultati



**Slika 4. Raba zemljišča ob Bohinjskem jezeru (po Corine Land Cover 2000).**

## II. TEKOČE VODE

### 1 VTOK IN IZTOK IZ JEZERA

#### Vzorčna mesta

- 2 vzorčni mesti
  - a) vtok v jezero (Savica)
  - b) iztok iz jezera (Jezernica)

#### 1.1 Hidromorfološki parametri

##### **Vaja 8. Hidromorfološke značilnosti vtoka in iztoka iz jezera.**

#### Meritve in izračun

- globina,
- hitrost vodnega toka,
- pretok,
- organski in anorganski substrat,
- obrežna vegetacija.

#### Material

##### Teren

- kovinski in leseni meter,
- hidrometrično krilo,
- navadni svinčnik.

Rezultati

**Preglednica 7. Hitrost vodnega toka in pretok na vtoku in iztoku iz jezera.**

a) Vtok v jezero

(Vodotok \_\_\_\_\_, Kraj \_\_\_\_\_)

Vzorčna točka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>Parameter</b>																	
<b>Datum</b>																	
<b>Oddaljenost od desnega brega (m)</b>																	
<b>Globina vode (m)</b>																	
<b>Hitrost na 6/10 globine (m/s)</b>																	
<b>Delne površine prečnega prereza (m<sup>2</sup>)</b>																	
<b>Delni pretok - Q<sub>n</sub> (m<sup>3</sup>/s)</b>																	
<b>Skupni pretok - Q<sub>t</sub> (m<sup>3</sup>/s)</b>																	

Vzorčna točka	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
<b>Parameter</b>																	
<b>Datum</b>																	
<b>Oddaljenost od desnega brega (m)</b>																	
<b>Globina vode (m)</b>																	
<b>Hitrost na 6/10 globine (m/s)</b>																	
<b>Delne površine prečnega prereza (m<sup>2</sup>)</b>																	
<b>Delni pretok - Q<sub>n</sub> (m<sup>3</sup>/s)</b>																	
<b>Skupni pretok - Q<sub>t</sub> (m<sup>3</sup>/s)</b>																	

b) Iztok iz jezera

(Vodotok \_\_\_\_\_, Kraj \_\_\_\_\_)

Parameter	Vzorčna točka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Datum																			
Oddaljenost od desnega brega (m)																			
Globina vode (m)																			
Hitrost na 6/10 globine (m/s)																			
Delne površine prečnega prereza (m <sup>2</sup> )																			
Delni pretok - Q <sub>n</sub> (m <sup>3</sup> /s)																			
Skupni pretok - Q <sub>t</sub> (m <sup>3</sup> /s)																			

Parameter	Vzorčna točka	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
Datum																			
Oddaljenost od desnega brega (m)																			
Globina vode (m)																			
Hitrost na 6/10 globine (m/s)																			
Delne površine prečnega prereza (m <sup>2</sup> )																			
Delni pretok - Q <sub>n</sub> (m <sup>3</sup> /s)																			
Skupni pretok - Q <sub>t</sub> (m <sup>3</sup> /s)																			

**Preglednica 8. Substrat.**

Parameter	Vzorčno mesto	Vtok	Iztok
Vodotok		Savica	Jezernica
Kraj			
Datum			
<b>Anorganski substrat (%)</b>			
• Megalital			
• Makrolital			
• Mezolital			
• Mikrolital			
• Akal			
• Psamal			
• Argilal			
<b>Organski substrat (%)</b>			
• Alge			
• Potopljeni makrofiti			
• Emergentni makrofiti			
• Živi deli kopenskih rastlin			
• Ksilal (les)			
• Večji organski delci (CPOM)			
• Manjši organski delci (FPOM)			
• »Sewage fungus«			

**1.2 Fizikalni in kemijski parametri****Vaja 9. Vpliv jezera na fizikalne in kemijske parametre.***Meritve in izračun***a) aparativno**

- koncentracija raztopljenega kisika,
- nasičenost,
- prevodnost,
- pH,
- temperatura,

**b) analitsko**

- nitrati,
- ortofosfati,
- suspendirane snovi.

MaterialTeren

- pH meter,
- oksimeter,
- konduktometer,
- posode za vodo (4 x 1L)
- alkoholni marker.

Laboratorij

- sušilnik,
- spektrofotometer,
- kemikalije,
- laboratorijska steklovina,
- tehnica,
- filter papir.

Rezultati**Preglednica 9. Fizikalne in kemijske značilnosti vode na vtoku in iztoku iz jezera.**

Parameter	Vzorčno mesto	Vtok	Iztok
Vodotok		Savica	Jezernica
Kraj			
Datum in čas vzorčenja			
Vreme			
Temperatura vode (°C)			
pH			
Elektroprevodnost (µS/cm)			
Koncentracija kisika (mg/l)			
Nasičenost vode s kisikom (%)			
Suspendirane snovi (mg/l)			
Nitrati (mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l)			
Ortofosfati (mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l)			

### 1.3 Združba bentoških nevretenčarjev

#### Vaja 10. Vpliv jezera na združbo bentoških nevretenčarjev.

##### Metodologija

- vzorčenje z ročno mrežo;
- 1) 20 vzorčnih enot na vsakem vzorčnem mestu izbranih na dolžini 25 m
  - 2) vzorčne enote izbrati glede na delež substrata
  - 3) velikost vzorčne enote je 25 cm x 25 cm
  - 4) 20 vzorčnih enot skupaj je vzorec

##### Pričakovani rezultati

- taksonomska sestava

- številčnost taksonov/1,25 m<sup>2</sup>

- podobnost med vzorčnima mestoma (S<sub>BC</sub>- Bray-Curtisov indeks podobnosti)

- Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks (H')

- deleži prehranskih skupin (po Fauna Aquatica Austriaca)

##### Material

###### Teren

- ročna vodna mreža,
- banjice,
- vrečke za vzorce (vsaj 4),
- papir.

###### Laboratorij

- petrijevke,
- lupa,
- pinceta,
- igla,
- vata,
- fiole,
- alkohol,
- škarje,
- papir.



## **2 VODOTOK RIBNICA**

### Vzorčna mesta

- 2 vzorčni mesti v različnih oddaljenostih od izvira

### **2.1 Hidromorfološki parametri**

#### **Vaja 11. Longitudinalno spreminjanje hidromorfoloških značilnosti vodotoka.**

#### Meritve in izračun

- globina,
- hitrost vodnega toka,
- pretok,
- substrat,
- obrežna vegetacija.

#### Material

##### Teren

- kovinski in leseni meter,
- hidrometrično krilo.

Rezultati

**Preglednica 11. Hitrost vodnega toka in pretok vodotoka Ribnica.**

a) Vzorčno mesto 1, tolmun

(Vodotok \_\_\_\_\_, Kraj \_\_\_\_\_)

Vzorčna točka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Parameter																	
Datum																	
Oddaljenost od desnega brega (m)																	
Globina vode (m)																	

b) Vzorčno mesto 1, brzica

(Vodotok \_\_\_\_\_, Kraj \_\_\_\_\_)

Vzorčna točka	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Parameter																	
Datum																	
Oddaljenost od desnega brega (m)																	
Globina vode (m)																	
Hitrost na 6/10 globine (m/s)																	
Delne površine prečnega prereza (m <sup>2</sup> )																	
Delni pretok - Q <sub>n</sub> (m <sup>3</sup> /s)																	
Skupni pretok - Q <sub>t</sub> (m <sup>3</sup> /s)																	



## 2.2 Fizikalni in kemijski parametri

### Vaja 12. Longitudinalno spreminjanje fizikalnih in kemijskih značilnosti vode v vodotoku.

#### Meritve in izračun

##### a) aparativno

- koncentracija raztopljenega kisika,
- nasičenost,
- prevodnost,
- pH,
- temperatura,

##### b) analitsko

- nitrati,
- ortofosfati,
- suspendirane snovi.

#### Material

##### Teren

- pH meter,
- oksimeter,
- konduktometer,
- posode za vodo (4 x 1L),
- marker,

##### Laboratorij

- sušilnik,
- spektrofotometer,
- kemikalije,
- laboratorijska steklovina,
- tehnica,
- eksikator.

Rezultati**Preglednica 12. Fizikalne in kemijske značilnosti vode v vodotoku.**

Vzorčno mesto	1	2
Parameter		
Vodotok		
Kraj		
Datum in čas vzorčenja		
Vreme		
Temperatura vode (°C)		
pH		
Elektroprevodnost ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )		
Koncentracija kisika (mg/l)		
Nasičenost vode s kisikom (%)		
Suspendirane snovi (mg/l)		
Nitrati (mg $\text{NO}_3^-/\text{l}$ )		
Ortofosfati (mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{l}$ )		

## 2.3 Združba bentoških nevretenčarjev

Vaja 13. Longitudinalno spreminjanje združbe bentoških nevretenčarjev v vodotoku.

Vaja 14. Primerjava združbe bentoških nevretenčarjev na velikostni kategoriji habitat (tolmun/brzica) in mikrohabitat (kategorije substrata).

### Metodologija

- vzorčenje z ročno mrežo;
- 1) 20 vzorčnih enot na vsakem vzorčnem mestu izbranih na dolžini 20 m (10 v brzici in 10 v tolmunu)
  - 2) vzorčne enote izbrati glede na delež substrata
  - 3) na vsaki vzorčni enoti izmeriti povprečno globino in izmeriti povprečno hitrost vodnega toka
  - 4) velikost vzorčne enote je 25 cm x 25 cm
  - 5) a) 20 vzorčnih enot nabranih na vzorčnem mestu je vzorec (vaja 13)
    - b) 10 vzorčnih enot nabranih v brzici/tolmunu je vzorec (vaja 14)
    - c) vsaka vzorčna enota je vzorec (vaja 14)

### Pričakovani rezultati

- taksonomska sestava

- delež taksonov

- Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks (H')

- podobnost med vzorci (S<sub>BC</sub>- Bray-Curtisov indeks podobnosti → dendrogram)

- deleži prehranskih skupin (po Fauna Aquatica Austriaca)

- soodvisnost med številom taksonov in velikostjo substrata

### Material

#### Teren

- ročna vodna mreža,
- banjice,
- vedro,
- vrečke za vzorce (vsaj 40),
- paust-papir.



Preglednica 13 (nadaljevanje)

Vzorčno mesto	1		2	
Vodotok				
Kraj				
Datum				
Takson	TOLMUN	BRZICA	TOLMUN	BRZICA
	Število osebkov/625 cm <sup>2</sup>			
Število osebkov				
Število taksonov				
H'				

## 2.4 Združba obrasti

### Vaja 15. Mikrorazporeditev, longitudinalno spreminjanje združbe in biomasa perifitona v vodotoku.

#### Metodologija

- na vsakem vzorčnem mestu 4 vzorci:
  - 2 vzorca nabrana v tolmunu (kamni, prodniki)
  - 2 vzorca nabrana na brzici (kamni, prodniki)
- taksonomska sestava: vzorec pobran s površine 5 x 5 cm<sup>2</sup> (25 cm<sup>2</sup>)
- biomasa: vzorec pobran s površine 10 x 5 cm<sup>2</sup> (50 cm<sup>2</sup>)

#### Pričakovani rezultati

- taksonomska sestava

- povprečno število osebkov/cm<sup>2</sup>

- Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks (H')

- podobnost med vzorci (S<sub>BC</sub>- Bray-Curtisov indeks podobnosti → dendrogram)

- biomasa (mg kl a/m<sup>2</sup>)

MaterialTeren

- ščetka (3),
- ostro rezilo (skalpel, britvica),
- banjice,
- posode za vzorce (vsaj 16 x 0,5 L),

Laboratorij

- mikroskop,
- objektna in krovna stekelca,
- kapalke,
- filterpapirji.

Izračun:

$$N = (\bar{y} \cdot V_{vz}) / (P_v \cdot V_p) \quad \dots(3)$$

$N$  – povprečno število osebkov/mm<sup>2</sup>

$\bar{y}$  – povprečno število osebkov v pregledanem volumnu (povprečje petih ponovitev)

$V_{vz}$  – volumen zgoščenega vzorca (100 mL) [mL]

$P_v$  – vzorčevana površina (2500 mm<sup>2</sup>) [m<sup>2</sup>]

$V_p$  – volumen pregledanega podvzorca ob vsaki ponovitvi (~ 0,125 mL) [mL]



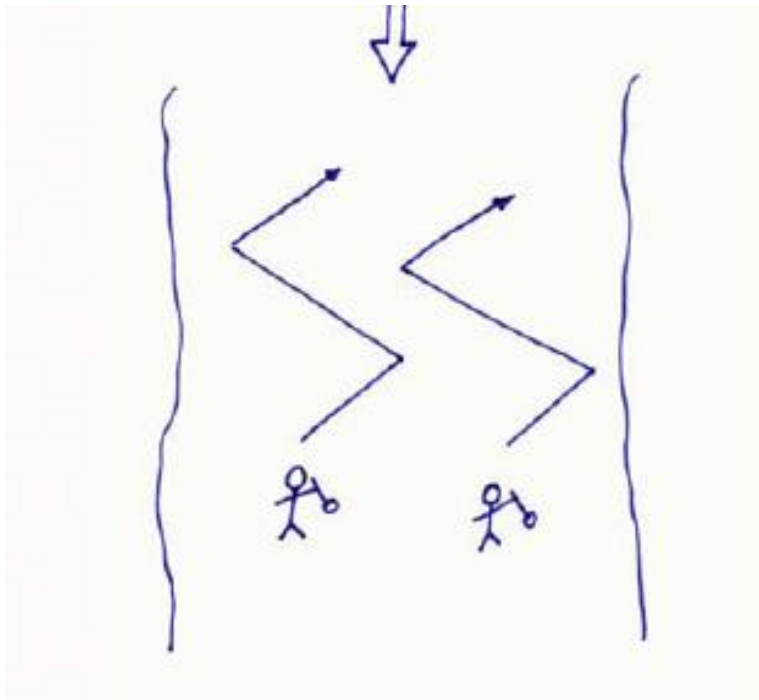


## 2.5 Združba rib

### Vaja 16. Longitudinalno spreminjanje združbe rib v vodotoku.

#### Metodologija

- vzorčenje rib z elektriko;
- 1) Dolžina vzorčnega mesta 10 – 20x širina struge oz. najmanj 100 m
    - a) V vodotokih s širino struge >15 m in globino vode <70 cm vzorčimo številne vzorčna območja s skupno površino vsaj 1000 m<sup>2</sup>, ki vključujejo vse tipe prisotnih mezohabitatov na izbranem vzorčnem mestu (t.i. parcialna metoda).
  - 2) 1 izlov po celotni dolžini ali izbrani površini
  - 3) izlov v smeri proti toku
  - 4) izlov ponovimo večkrat (vsaj 2x)



**Slika 5. Izlov rib po celotni širini vodotoka.**

#### Pričakovani rezultati

- taksonomska sestava

- številčnost taksonov

- dolžina posameznih osebkov rib (razdalja od ust do konca repne plavuti)

- masa posameznih osebkov rib

- podobnost med vzorčnima mestoma ( $S_{BC}$ - Bray-Curtisov indeks podobnosti)
- Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks ( $H'$ )
- vrstno specifična frekvenčna razporeditev velikostnih (dolžinskih in masnih) razredov rib
- vrstno specifična korelacija med dolžino in maso rib
- frekvenčna razporeditev velikostnih (dolžinskih in masnih) razredov rib celotne združbe
- masno in številčno razmerje med ciprinidnimi in salmonidnimi vrstami
- ocena velikosti populacije po Seber & Lecren (1967)

### Material

#### Teren

- 1 anoda/5 m širine reke,
- 1-2 vedri/1anoda,
- posode za vodo (>50 L),
- miza
- meter,
- tehtnica,
- določevalni ključi,
- navadni svinčnik.

### Rezultati

#### **Preglednica 16. Združba rib na vtoku in iztoku iz jezera.**

Vzorčno mesto	Vtok (Savica)	Iztok (Jezernica)
Datum		
Takson	Ocena števila osebkov/1000 m <sup>2</sup>	
Skupno število osebkov/1000 m <sup>2</sup>		
Število taksonov		
$H'$		

Izračun (Seber in Lecren 1967):

$$N = (C_1^2)/(C_1 - C_2) \quad \dots(4)$$

**N** – ocena števila osebkov/1000m<sup>2</sup>

**C<sub>1</sub>** – število osebkov ulovljenih v prvem izlovu/1000m<sup>2</sup>

**C<sub>2</sub>** – število osebkov ulovljenih v drugem izlovu/1000m<sup>2</sup>

### 3 VODOTOK SAVICA

#### Vaja 17. 24-urno spremljanje plavljenja bentoških nevretenčarjev.

##### Metodologija

- 2 vzorčni mesti
  - a) v matici struge
  - b) ob levem bregu.

#### 3.1 Hidrološki parametri

##### Meritve in izračun

- globina vode na mestu, kjer so postavljene driftne mreže,
- hitrost vodnega toka pred mrežo,
- pretok skozi mrežo.

##### Material

###### Teren

- leseni meter
- hidrometrično krilo

##### Rezultati

**Preglednica 17. Hidromorfološke značilnosti na izbranih vzorčnih mestih v vodotoku Savica.**

Vodotok						
Vzorčno mesto	Matica struge			Levi breg		
Parameter						
Datum						
Vzorčna točka	Desni rob	Sredina	Levi rob	Desni rob	Sredina	Levi rob
Globina (m)						
Hitrost (m/s)						
Delni pretok (m <sup>3</sup> /s)						
Pretok skozi mrežo (m <sup>3</sup> /s)						

### 3.2 Združba plavljenih bentoških nevretenčarjev

#### Metodologija

- trajanje vzorčenja: 24 ur
- vzorčenje v 2 urnih presledkih (12 vzorcev)

#### Pričakovani rezultati

- taksonomska sestava

- število osebkov/m<sup>3</sup> (gostota plavljenja)

- Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks (H')

#### Material

##### Teren

- driftne mreže (4x),
- kovinske palice (4x),
- banjice,
- kladivo,
- luč (baterija).

##### Laboratorij

- pinceta,
- lupa,
- luč (baterija),
- petrijevke,
- vata,
- fiole,
- alkohol,
- škarje,
- paust-papir.

Izračun

$$\text{Gostota plavljenja (št. osebkov/m}^3\text{)} = N/(t \cdot Q) \quad (5)$$

N – število osebkov

t – čas plavljenja (s)

Q – pretok vode skozi mrežo (m<sup>3</sup>/s)





### III. VIRI

- FAME CONSORTIUM (2004). Manual for the application of the European Fish Index – EFI. A fish based method to assess the ecological status of European rivers in support of the Water Framework Directive. Version 1.1, January 2005.
- Legendre P., Legendre L. 1998. Numerical Ecology. Second English edition, Developments in environmental modelling 20. Amsterdam, Elsevier: 853 str.
- Moog O. (ur.) 1995. Fauna Aquatica Austriaca, Version 1995. Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- Remec-Rekar Š., Bat M. (2003). Jezera. V: Vodno bogastvo Slovenije. Uhan J. & Bat M. (ur.), Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, Agencija RS za okolje, Ljubljana: 131 str.
- Urbanič G., Toman M. J. (2003). Varstvo celinskih voda. Ljubljana, Študentska založba, Scripta: 94 str.
- Urbanič G., Tavzes B., Ambrožič Š. (2006). Vzorčenje bentoških nevretenčarjev v zgornjem litoralu jezer. V: Urbanič G., Tavzes B., Ambrožič Š., Pavlin M., Sever M. Metodologija vzorčenja in laboratorijske obdelave bentoških nevretenčarjev v jezerih v skladu z zahtevami Vodne direktive (Direktiva 2000/60/ES). Končno poročilo, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Ljubljana, str. 6-21.
- Wetzel R. G., (2001). Limnology. Lake and River ecosystems. Third Edition. Academic press, San Diego, 1006 str.
- Wetzel R. G., Likens G. E. (1995). Limnological Analyses, 2<sup>nd</sup> edition. Springer-Verlag, New York: 391 str.

## IV. PRILOGE

### Priloga 1. Popis deležev substrata in umestitev vzorčnih enot v vodotoku

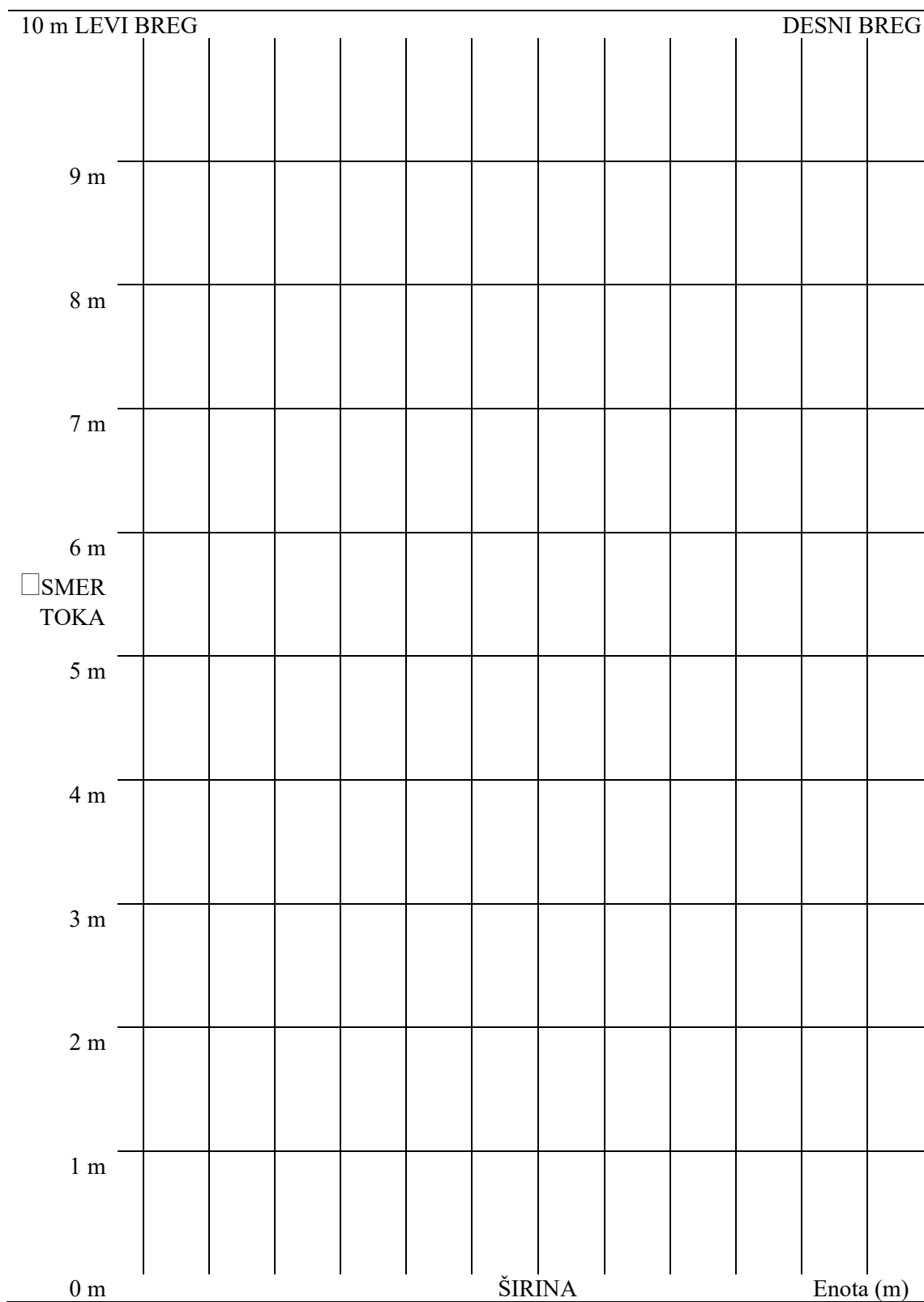
Vodotok		Vzorčevalec		
Kraj				
Datum				
Anorganski substrat (%)	Teh nolital* (označi z znakom x)	Le anorganski substrat	Vsota anorganskega in organskega substrata	Število vzorčnih enot
• megalital (>40 cm)				
• makrolital (20-40 cm)				
• mezolital (6-20 cm)				
• mikrolital (2-6 cm)				
• akal (0,2-2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

\*substrat prisoten zaradi človekove dejavnosti

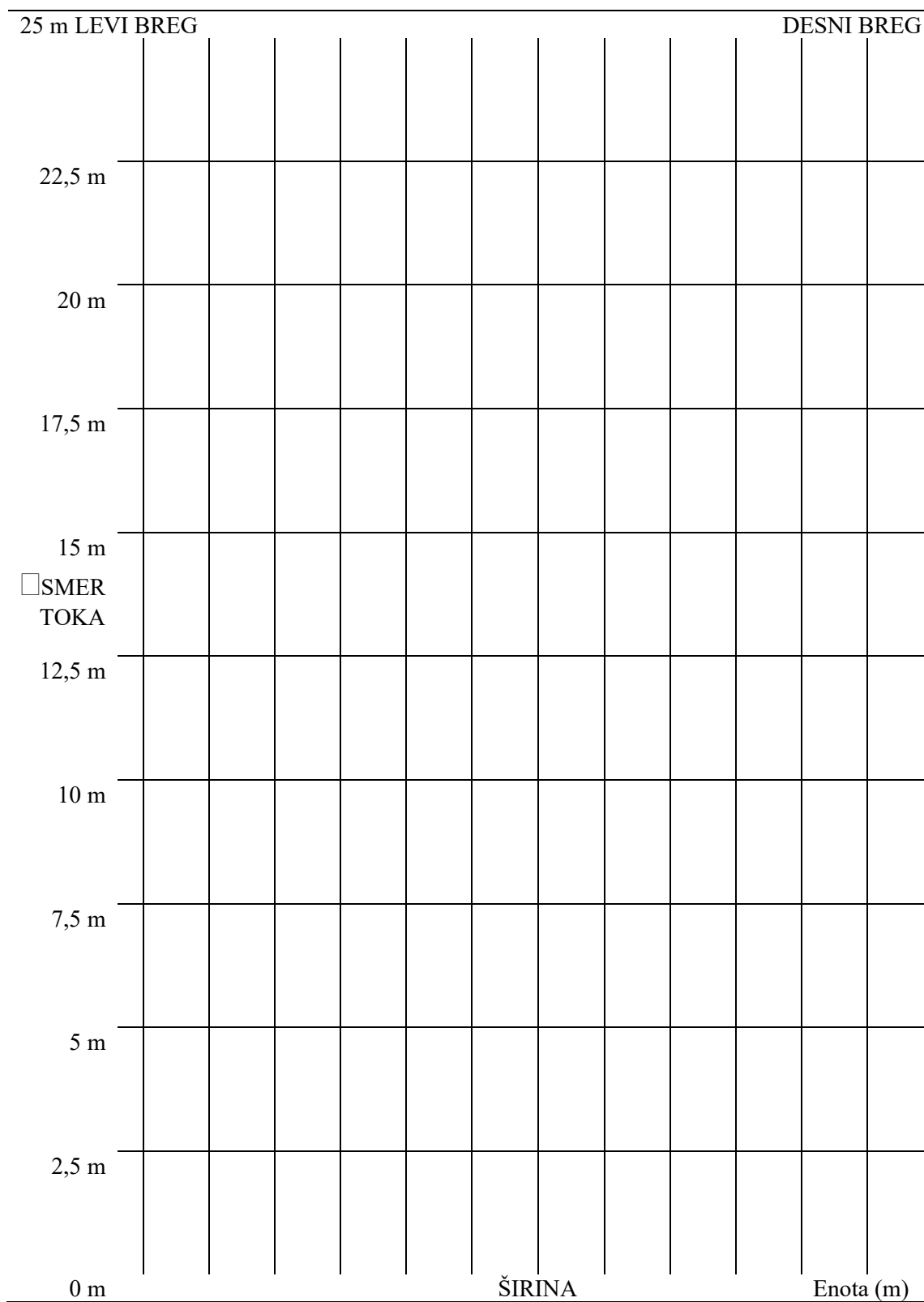
**Priloga 2. Popis deležev razredov globin in umestitev vzorčnih enot v litoralu jezera**

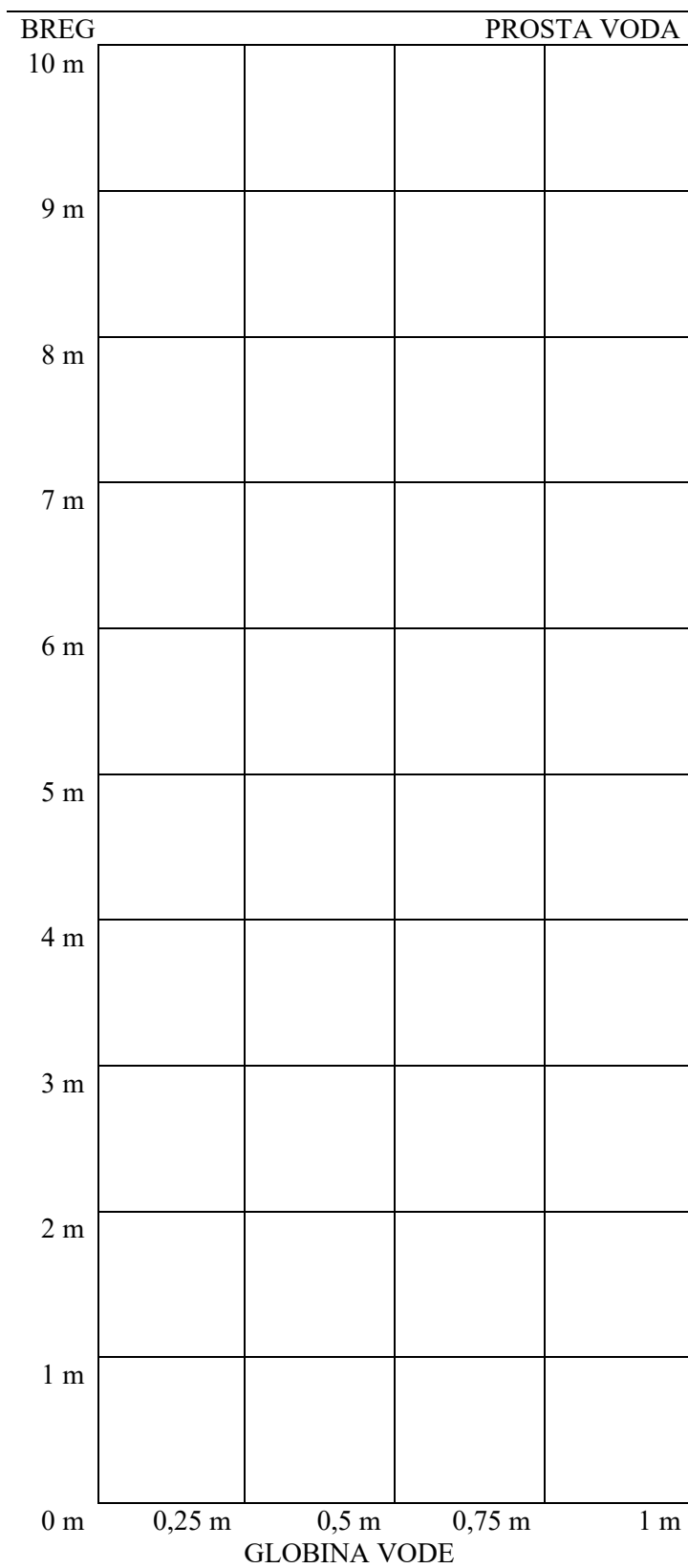
<b>Jezero</b>	<b>Koda</b>	<b>Datum</b>	<b>Vzorčevalec</b>
<b>Kraj</b>			
<b>Razred globine</b>	<b>Pokrovnost (%)</b>		<b>Število vzorčnih enot</b>
<b>1 (0,00-0,25 m)</b>			
<b>2 (&gt;0,25-0,50 m)</b>			
<b>3 (&gt;0,50-0,75 m)</b>			
<b>4 (&gt;0,75-1,00 m)</b>			
<b>Vsota =</b>		<b>100 %</b>	<b>10</b>

**Priloga 3. Skica za vrisovanje tipa substrata in umestitev vzorčnih enot v tolmunu oz. brzici**



**Priloga 4. Skica za vrisovanje tipa substrata in umestitev vzorčnih enot v vodotoku**



**Priloga 5. Skica za vrisovanje kategorije globine in umestitev vzorčnih enot v litoralu jezera**

**Priloga 6. Osnovne statistične enačbe****1. Povprečje**

$$\bar{y} = \sum y_i / n$$

$\bar{y}$  – povprečno število osebkov v  $i$  ponovitvah

$y_i$  – število osebkov v  $i$ -tem podvzorcu

$n$  – število podvzorcev

**2. Standardna deviacija**

$$S = \sqrt{(\sum (y_i - \bar{y})^2) / (n - 1)}$$

$S$  – standardna deviacija vzorčne populacije

$n$  – število podvzorcev

$\bar{y}$  – povprečno število osebkov v  $i$  ponovitvah

$y_i$  – število osebkov v  $i$ -tem podvzorcu

**3. Standardna napaka**

$$SE = S / (\sqrt{n})$$

$SE$  – standardna napaka

$S$  – standardna deviacija vzorčne populacije

$n$  – število podvzorcev

**Priloga 7. Indeksi podobnosti****1. Bray-Curtisov indeks podobnosti**

$$S_{BC} = 2w/(A+B) \quad \text{ali} \quad S_{BC} = 1 - \frac{\sum |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum (y_{ij} + y_{ik})}$$

$S_{BC}$  – Bray - Curtisov indeks podobnosti

$w$  – število skupnih osebkov v obeh vzorcih

$A$  - število osebkov v 1. vzorcu

$B$  - število osebkov v 2. vzorcu

$y_{ij}$  - število osebkov vrste  $i$  v vzorcu  $j$

$y_{ik}$  – število osebkov vrste  $i$  v vzorcu  $k$

**2. Sørensenov indeks podobnosti**

$$S_s = 2c/(a+b)$$

$S_s$  – Sørensenov indeks podobnosti

a – število vrst v 1. vzorcu

b – število vrst v 2. vzorcu

c – število skupnih vrst v obeh vzorcih

**Priloga 8. Indeks prehranskih skupin****1. Delež prehranskih skupin**

$$R_j = \sum (x_i \cdot h_i) / 10$$

$R_j$  – delež prehranske skupine\*  $j$  (drobilci, strgalci, plenilci, filtratorji, detritivori; iz Fauna Aquatica Austriaca)

$x_i$  – število točk (maksimalno = 10) taksona  $i$  znotraj dane prehranske skupine

$h_i$  – delež (pogostnost) taksona  $i$  v vzorcu

\*Oznake iz Fauna Aquatica Austriaca (FAA)

Prehranska skupina	Vrste oznak v FAA	Združeni po FAA
drobilci	ZKL, HOL, MIN	drobilci, ksilofagi, minerji
strgalci	WEI	strgalci
plenilci	RÄU, PAR	predatorji, paraziti
filtratorji	AFIL, PFIL	aktivni in pasivni filtratorji
detritivori	DET	detritivori

**Priloga 9. Diverzitetni indeks****2. Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks**

$$H' = - \sum p_i \cdot \log_2 p_i$$

$H'$  - diverziteteta

$p_i$  - delež taksona  $i$  v vzorcu





---

**Priloga 12. Tipi makrofitov (po Arber, 1920 in Sculthorpe, 1967; iz Wetzel, 2001)**

**1. Ukoreninjeni makrofiti**

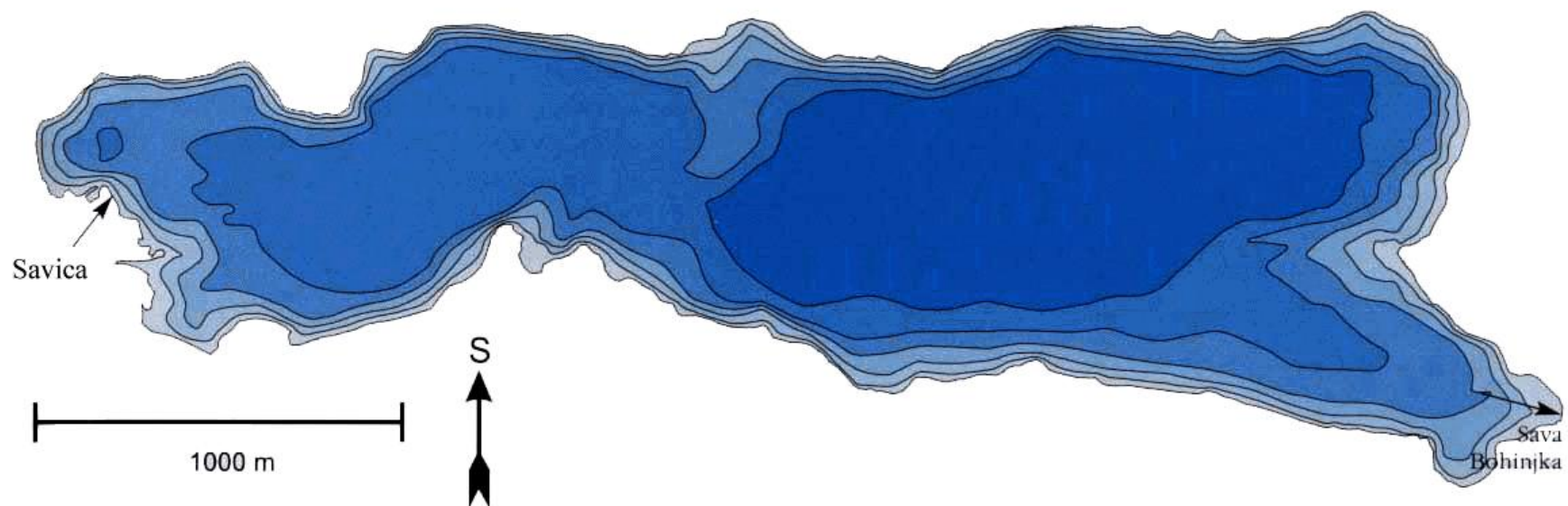
- a) **Emergentni makrofiti** – del rastline (tudi vegetativni) nad vodno gladino (npr. *Typha*, *Phragmites*, *Carex*)
- b) **Makrofiti s plavajočimi listi** (npr. *Nuphar*, *Nymphaea*, *Potamogeton natans*)
- c) **Potopljeni makrofiti** (npr. *Chara*, *Nitella*, *Myriophyllum*, *Ranunculus trichophyllum*, *Potamogeton alpinus*)

**2. Prostoplavajoči makrofiti**

(npr. *Utricularia*, *Ceratophyllum*, Lemnaceae, *Trapa*, *Eichornia*)



**Priloga 14. Izobate Bohinjskega jezera (ekvidistanca 8m) (iz Rekar & Bat 2003)**



**Priloga 15. Bohinjsko jezero s pritoki in rabo zemljišča (po Corine Land Cover 2000)**

