

Subekoregije in bioregije celinskih voda Slovenije

Gorazd URBANIČ^{1,2}

¹ Inštitut za vode Republike Slovenije, Hajdrihova 28c, SI-1000 Ljubljana; E-mail: gorazd.urbanic@izvrs.si

² Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Večna pot 111, SI-1000 Ljubljana; E-mail: gorazd.urbanic@bf.uni-lj.si

Izvleček. Namen dela je členitev ekoregij celinskih voda – hidroekoregij Slovenije na subekoregije celinskih voda – subhidroekoregije, bioregije in velike reke. Uporabili smo dvostopenjski proces. V prvem koraku smo členitev opravili s kombinacijo tematskih kart. V drugem koraku smo členitev apriorno preverili z biološkimi podatki. Uporabili smo historične podatke o ribah in podatke o bentoških nevretenčarjih, vzorčenih na referenčnih in malo spremenjenih vzorčnih mestih. Ustreznost členitev smo preverjali s statistično metodo nemetričnega multidimenzionalnega skaliranja. Hidroekoregijo Alpe smo členili na dve subhidroekoregiji: Alpe-donavsko porečje in Alpe-jadransko povodje. Prav tako smo hidroekoregijo Dinaridi členili na dve subhidroekoregiji, in sicer evdinarsko in submediteransko. S členitvijo hidroekoregij in subhidroekoregij smo določili 16 bioregij in 9 tipov velikih rek. V hidroekoregiji Dinaridi smo določili sedem bioregij, v hidroekoregiji Alpe pet bioregij, v Panonski nižini tri bioregije, medtem ko hidroekoregije Padska nižina nismo členili in ima v Sloveniji le eno bioregijo. Najpomembnejše abiotične razlike v bioregijah so poleg pripadnosti porečju oz. povodju še prevladujoča geološka podlaga in maksimalni višinski razred ter nadmorska višina vplivnega območja.

Ključne besede: Vodna direktiva, bentoški nevretenčarji, ribe, tipologija, ekoregije, reke

Abstract. INLAND WATER SUBECOREGIONS AND BIOREGIONS OF SLOVENIA - The main objective of our work was to carry out the division of inland water ecoregions – hydroecoregions of Slovenia and to define inland water subecoregions – subhydroecoregions, bioregions and large rivers. A two-stage approach was used. Initially, a division was performed using thematic maps. During the second step, a priori division was checked using biological data. Historical fish data, and benthic invertebrate data collected at reference and slightly impacted sites were used. A statistical analysis of non-metric multidimensional scaling was performed to test a priori divisions. The Alps hydroecoregion was divided in two subhydroecoregions: the Alps-Danube river basin and Alps-Adriatic river basin. The Dinarids hydroecoregion was also divided in two subhydroecoregions: the Eudinaric and Sub-Mediterranean. Hydroecoregions and subhydroecoregions were divided into 16 bioregions and 9 types of large rivers. In the Dinarids hydroecoregion, seven bioregions were defined, in the Alps hydroecoregion five bioregions, in the Pannonian lowland hydroecoregion three bioregions, whereas the Po lowland hydroecoregion was not further divided and has only one bioregion in Slovenia. Main abiotic differences among bioregions beside river basin are also dominant geology, maximum altitude classes and altitude classes of the influence area.

Key words: Water Framework Directive, benthic invertebrates, fish, typology, ecoregions, rivers

Uvod

Opredelitev tipov voda oz. tipologija glede na ekološke značilnosti je eden ključnih korakov karakterizacije površinskih voda v skladu z vodno direktivo (VD) (Direktiva 2000/60/ES). Tipe voda lahko opredelimo z uporabo deskriptorjev »sistema A« ali »sistema B«. V Sloveniji smo kot prvi korak opredelitve tipov uporabili razdelitev Slovenije na (hidro)ekoregije, ki je deskriptor v sistemu A, lahko pa se uporabi tudi v sistemu B. V Vodni direktivi je podana razdelitev Evrope na ekoregije po Illies (1978), vendar je za območje Slovenije ta členitev premalo natančna. Urbanič (2005a, 2006, 2007, v tisku) je pripravil razdelitev območja Slovenije na ekoregije celinskih voda oz. hidroekoregije na podlagi tematskih kart abiotskih značilnosti in ustreznost razdelitve preveril z zoogeografsko analizo na podlagi bentoških nevretenčarjev ter z upoštevanjem maksimalnih temperatur velikih rek, vpliva kraških izvirov in historičnih bioloških podatkov. Hidroekoregije so le eden izmed deskriptorjev za opis tipov rek, zato je treba izbrati dodatne deskriptorje, s katerimi bomo opisali tipe voda. V primeru uporabe sistema B VD (Direktiva 2000/60/ES) moramo izbrati dodatne deskriptorje ali kombinacije deskriptorjev, da se lahko zanesljivo določijo tipske referenčne biološke razmere. Ena izmed možnosti izbora kombinacije dejavnikov je tudi določitev bioregij. Bioregija je območje s tipičnimi ekološkimi značilnostmi, na katerih najdemo značilne združbe. Pristop določitve je zelo podoben kot pri določitvi ekoregij, s tem da na osnovi kombinacije izbranih abiotskih dejavnikov ekoregije dodatno členimo. Tak pristop določitve so izbrali v nekaterih geografsko razgibanih državah, npr. v Avstriji (Moog in sod. 2004) in Franciji (Wasson in sod. 2002).

Organizmi tekočih voda, na podlagi katerih vrednotimo ekološko stanje rek (Direktiva 2000/60/ES), imajo v Sloveniji dva osnovna vzorca razširjenosti. Prvi vzorec razširjenosti, ki je značilen predvsem za vodne žuželke, je bil upoštevan pri pripravi členitve Slovenije na hidroekoregije (Urbanič 2005a, 2006, 2007, v tisku). Drugi vzorec razširjenosti je značilen za vodne organizme, ki se ne morejo po naravni poti razširjati med porečji. Ta vzorec je značilen za ribe in nekatere manj mobilne skupine bentoških nevretenčarjev (Banarescu 1972). Vode iz Slovenije tečejo v Jadransko ali Črno morje. Tudi številne vrste rib pred posegi človeka najdemo le v rekah enega od obeh porečij oz. povodij (Povž in Sket 1991, Sket 2003).

Namen tega dela je členitev Slovenije na subekoregije celinskih voda oz. subhidroekoregije in bioregije celinskih voda ter določitev tipov velikih rek.

Metode

Izhodišče členitve Slovenije na subekoregije celinskih voda, torej na subhidroekoregije, je bila razdelitev Slovenije na hidroekoregije (Urbanič 2007, v tisku). Ker imata le hidroekoregiji Alpe in Dinaridi reke, ki tečejo v Jadransko ali Črno morje, smo le ti dve hidroekoregiji členili na subhidroekoregije. Za biološko evalvacijo členitve hidroekoregij na subhidroekoregije smo uporabili podatke o obstoju avtohtonih vrst rib iz Franke (1892).

Za členitev hidroekoregij in subhidroekoregij na bioregije smo uporabili dvostopenjski postopek. V prvem koraku smo s t.i. »apriornim« pristopom (Barbour in sod. 1999), z uporabo in kombinacijo najbolj relevantnih tematskih kart, določili t.i. tipske regije (Urbanič 2005b). Uporabili smo naslednje tematske karte:

- geološka karta Slovenije (1:250.000)
- geografske karte Slovenije (1:25.000)
- rečni režimi (Kolbenzen in Pristov 1998)
- zakraselost Slovenije (1:250.000)
- pokrajine v Sloveniji (Gabrovec in sod. 1998)
- biogeografski vzorec rečnega živalstva (Sket 2003)
- velikost prispevnega območja
- naklon terena (1:250.000)
- razred nadmorske višine in hidroekoregija prispevnega območja.

Določili smo 23 tipskih regij in 12 posebnih tipov t.i. velike reke (Urbanič 2005b). Kriterij za določitev tipa velika reka je bil velikost prispevnega območja $>2500 \text{ km}^2$ in/ali srednji letni pretok (sQs) $>50 \text{ m}^3/\text{s}$. Podatke o srednjih letnih pretokih smo dobili z Agencije Republike Slovenije za okolje. V drugem koraku smo ustreznost tipskih regij in tipov »velikih rek« evalvirali z biološkimi podatki. Uporabili smo podatke o bentoških nevretenčarjih, ki so bili pridobljeni v procesu priprave metodologij vrednotenja ekološkega stanja rek v Sloveniji v skladu z Vodno direktivo (Urbanič in sod. 2005, 2006, 2007). Upoštevali smo le podatke z nespremenjenih oz. malo spremenjenih vzorčnih mest in le taksone, ki so bili določeni do vrste ali rodu. V primerih, ko bioloških podatkov nismo imeli ali nespremenjene razmere v izbrani regiji ne obstajajo, smo upoštevali le rezultate 1. koraka analize.

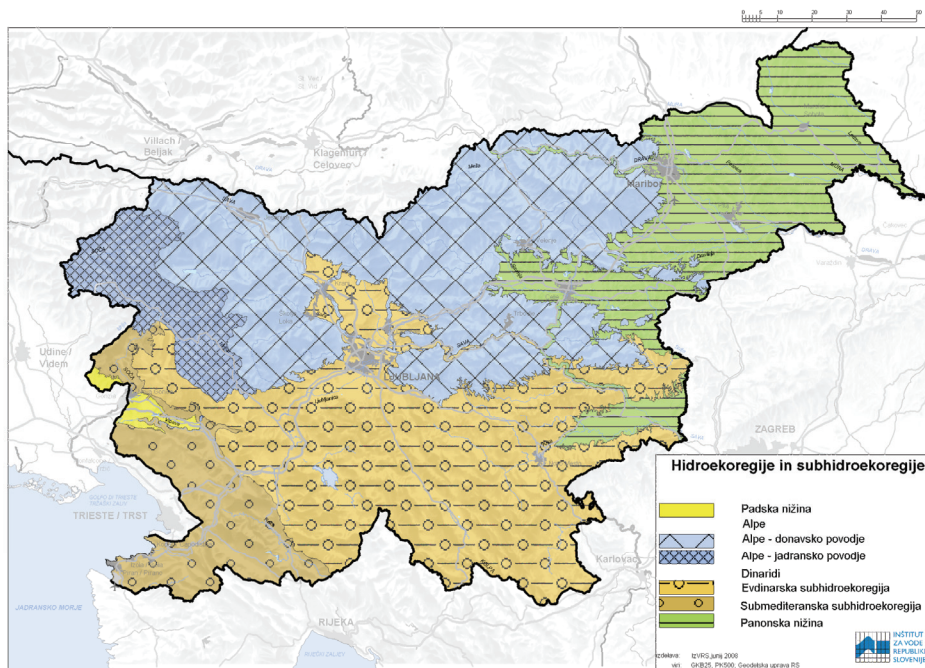
Pri vseh nadaljnjih členitvah smo upoštevali rečno mrežo z rekami s prispevno površino $>10 \text{ km}^2$, torej reke, za katere je treba pripraviti karakterizacijo v skladu z Vodno direktivo (Direktiva 2000/60/ES).

Preverjanje ustreznosti apriorno določene pripadnosti vzorčnih mest subhidroekoregiji ali bioregiji smo preverjali s statistično metodo nemetričnega multidimenzionalnega skaliranja (NMS). Za analizo NMS smo uporabili program WinKyst 1.0 (Šmilauer 2003). Izbrali smo toliko osi NMS (običajno 2 oz. 3), da je bil faktor stresa $<0,2$, kar zagotavlja sprejemljiv rezultat (Podani 2000).

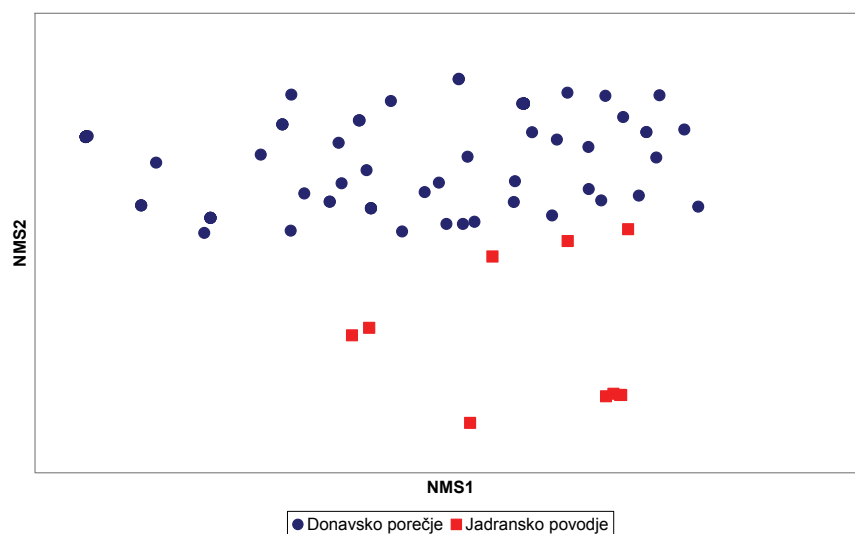
Rezultati

Hidroekoregijo Alpe smo razčlenili na subhidroekoregiji Alpe-donavsko porečje in Alpe-jadransko povodje, medtem ko smo hidroekoregijo Dinaridi razčlenili na subhidroekoregiji Evdinarska in Submediteranska (Sl. 1 in Tab. 1). Z rezultati analize NMS smo potrdili ustreznost členitve hidroekoregij na subhidroekoregije, saj so vzorčna mesta donavskega porečja in jadranskega povodja na različnih delih ordinacijskega diagrama (Sl. 2).

V prvem koraku analize smo po Urbanič (2005b) določili 23 abiotskih tipskih regij in 12 velikih rek. S statističnimi analizami na podlagi bioloških podatkov smo ugotovili, da imajo nekatere tipske regije zelo podobne združbe, zato smo tipske regije združili v eno bioregijo. Tako smo s statistično evalvacijo določili 16 bioregij (Tab. 1) in 9 velikih rek (Tab. 2, Sl. 3). V hidroekoregiji Alpe smo določili pet bioregij, od tega dve v jadranskem povodju in tri v donavskem porečju (Sl. 3). V hidroekoregiji Dinaridi smo določili sedem bioregij, tri v Evdinarski subhidroekoregiji in štiri v Submediteranski subhidroekoregiji. V Panonski nižini smo določili tri bioregije, medtem ko hidroekoregije Padska nižina nismo členili in je celotna hidroekoregija v Sloveniji le ena bioregija.



Slika 1. Subekoregije in ekoregije celinskih voda – subhidroekoregije in hidroekoregije v Sloveniji.
Figure 1. Inland water subcoregions and ecoregions – subhydroecoregions and hydroecoregions in Slovenia.



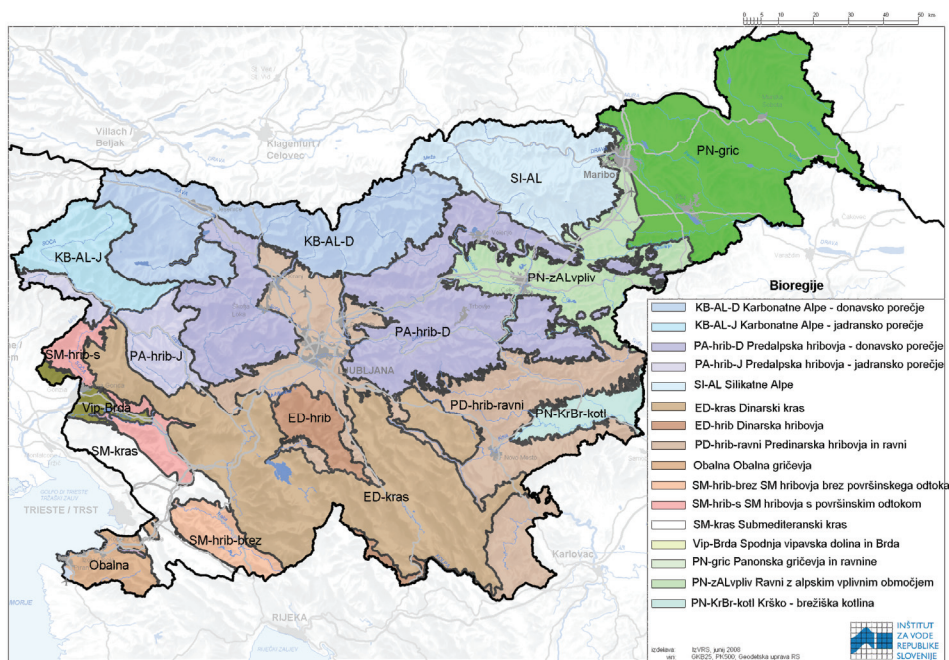
Slika 2. Ordinacijski diagram nemetričnega multidimenzionalnega skaliranja vzorčnih mest na podlagi rib. Simboli označujejo vzorčna mesta donavskega porečja in jadranskega povodja. Faktor stresa (stress) = 0,07.
Figure 2. Non-metric multidimensional scaling ordination diagram of the sampling sites using fish data. Overlay indicates sampling sites of the Danube river basin and Adriatic river basin. Stress = 0,07.

Tabela 1. Značilnosti bioregij v Sloveniji.
Table 1. Characteristics of bioregions in Slovenia.

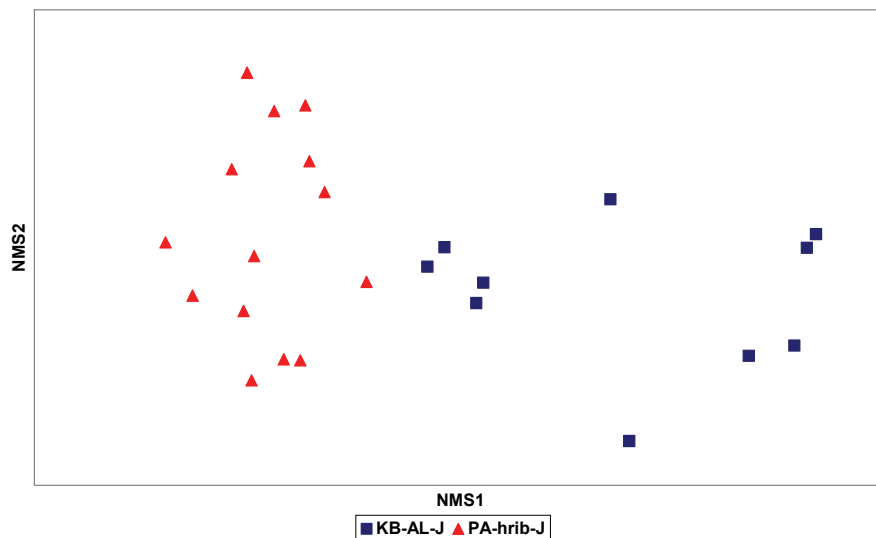
Št.	Hidroekoregija (Urbanič 2007)	Subhidroekoregija	Bioregija – ime	Bioregija – kratica	Razred nadm. višine - razpon	Geologija - prevladujoča
1	3 Padska nižina		3.1 Spodnja vipavska dolina in Brda	Vip-Brda	0 – 200	Fliš
2	4 Alpe	4/1 Alpe - donavsko porečje	4/1.1 Karbonatne Alpe - donavsko porečje	KB-AL-D	500 – 1900	Karbonat
3	4 Alpe	4/1 Alpe - donavsko porečje	4/1.2 Silikatne Alpe	SI-AL	300 – 1300	Silikat
4	4 Alpe	4/1 Alpe - donavsko porečje	4/1.3 Predalpska hribovja – donavsko porečje	PA-hrib-D	300 – 900	Karbonat in silikat
5	4 Alpe	4/1 Alpe - donavsko porečje	4/2.1 Karbonatne Alpe - jadransko povodje	KB-AL-J	300 – 2000	Karbonat
6	4 Alpe	4/1 Alpe - donavsko porečje	4/2.2 Predalpska hribovja - jadransko povodje	PA-hrib-J	200 – 1100	Karbonat (in silikat)
7	5 Dinaridi	5/1Evdinarska	5/1.1 Dinarski kras	ED-kras	300 – 1100	Karbonat
8	5 Dinaridi	5/1Evdinarska	5/1.2 Dinarski hribovja	ED-hrib	300 – 900	Karbonat
9	5 Dinaridi	5/1Evdinarska	5/1.3 Predinarska hribovja in ravnine	PD-hrib-ravni	100 – 500	Karbonat (in silikat)
10	5 Dinaridi	5/2 Submediteranska	5/2.1 Submediteranski kras	SM-kras	200 – 800	Karbonat
11	5 Dinaridi	5/2 Submediteranska	5/2.2 Submediteranska hribovja brez površinskega	SM-hrib-brez	400 – 700	Fliš
12	5 Dinaridi	5/2 Submediteranska	5/2.3 Submediteranska hribovja s površinskim odtokom	SM-hrib-s	0 – 600	Fliš in karbonat
13	5 Dinaridi	5/2 Submediteranska	5/2.4 Obalna gričevja	Obalna	0 – 400	Fliš
14	11 Panonska nižina		11.1 Panonska gričevja in ravnine	PN-gric	100 – 400	Silikat
15	11 Panonska nižina		11.2 Panonske ravnine z alpskim vplivnim območjem	PN-ZALvpliv	200 – 400	Silikat (in karbonat)
16	11 Panonska nižina		11.3 Krško-brežiška kotlina	PN-KrBr-kotl	100 – 200	Silikat in karbonat

Tabela 2. Velike reke v Sloveniji
Table 2. Large rivers in Slovenia

Velika reka	Kratica
VR1 - Alpska Sava	VR_AL-Sa
VR2 - Soča	VR_So
VR3 - Dinarska Sava	VR_DN-Sa
VR4 - Ljubljanica	VR_Lj
VR5 - Kolpa	VR_Ko
VR6 - Panonska Sava	VR_PN-Sa
VR7 - Krka	VR_Kk
VR8- Medalpska Drava	VR_medAL-Dr
VR9 - Mura in ravninska Drava	VR_Mu-ravDr

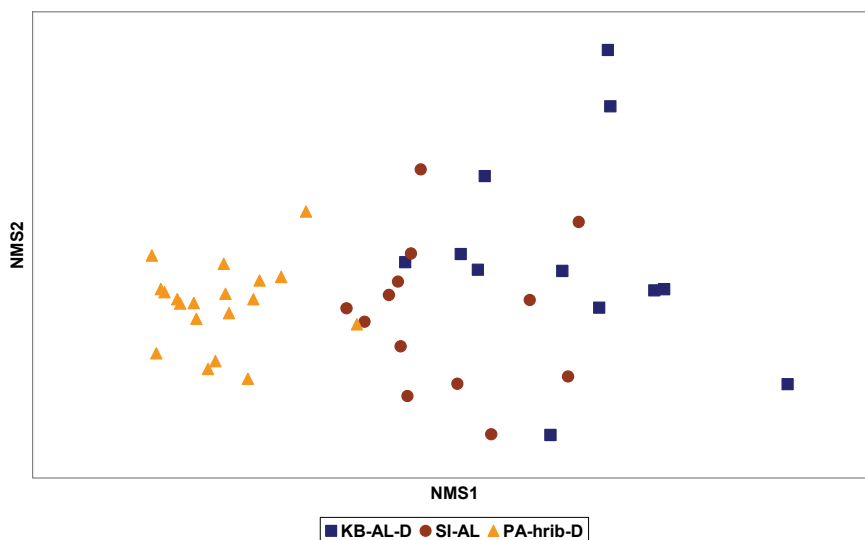


Slika 3. Bioregije celinskih voda in »velike reke« Slovenije
Figure 3. Inland water bioregions and »large rivers« of Slovenia



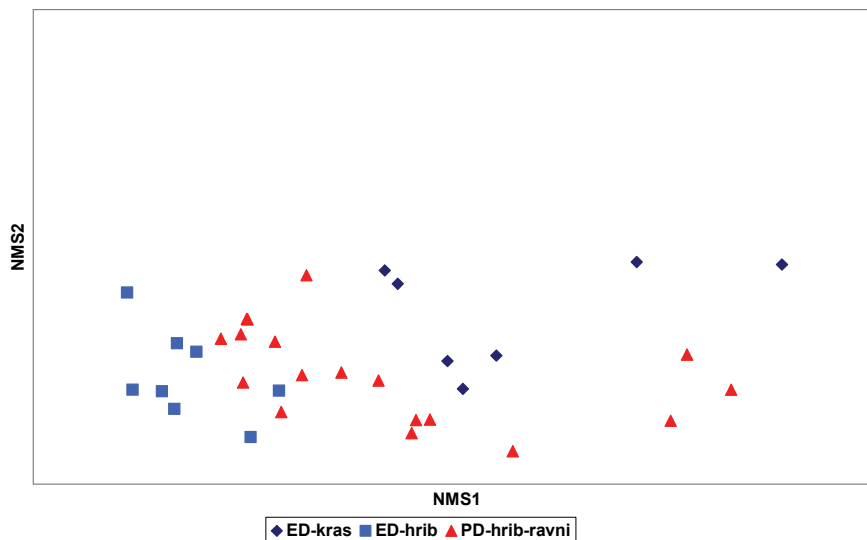
Slika 4. Ordinacijski diagram nemetričnega multidimenzionalnega skaliranja vzorčnih mest na podlagi bentoških nevretenčarjev. Simboli označujejo bioregije: KB-AL-J – Karbonatne Alpe-jadransko povodje, PA-hrib-J – Predalpska hribovja-jadransko povodje. Faktor stresa (stress) = 0,12.

Figure 4. Non-metric multidimensional scaling ordination diagram of the sampling sites using benthic invertebrate data. Overlay indicates bioregions: KB-AL-J – Carbonate Alps-Adriatic river basin, PA-hrib-J – Pre-Alpine hills-Adriatic river basin. Stress = 0.12.



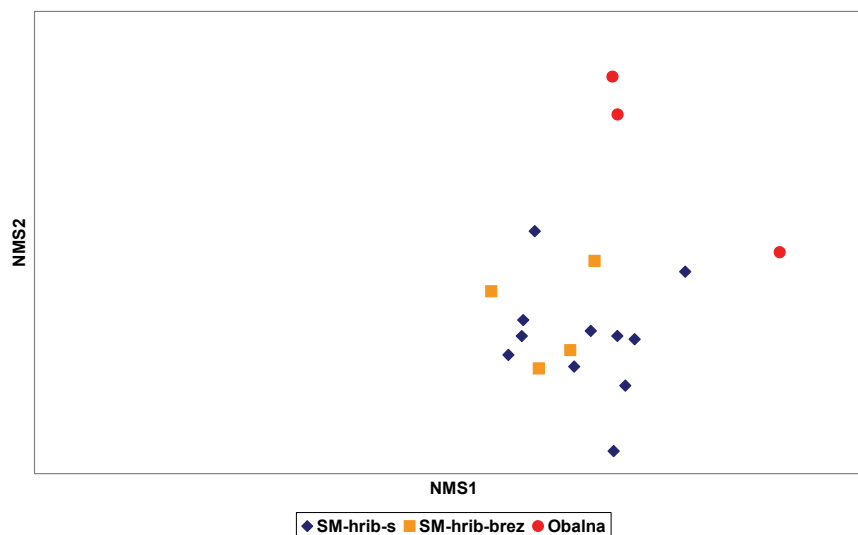
Slika 5. Ordinacijski diagram nemetričnega multidimenzionalnega skaliranja vzorčnih mest na podlagi bentoških nevretenčarjev. Simboli označujejo bioregije: KB-AL-D – Karbonatne Alpe-donavsko porečje, SI-AL – Silikatne Alpe, PA-hrib-D – Predalpska hribovja-donavsko porečje. Faktor stresa (stress) = 0,13.

Figure 5. Non-metric multidimensional scaling ordination diagram of the sampling sites using benthic invertebrate data. Overlay indicates bioregions: KB-AL-D – Carbonate Alps-Danube river basin, SI-AL – Silicate Alps, PA-hrib-D – Pre-Alpine hills- Danube river basin. Stress = 0.12.



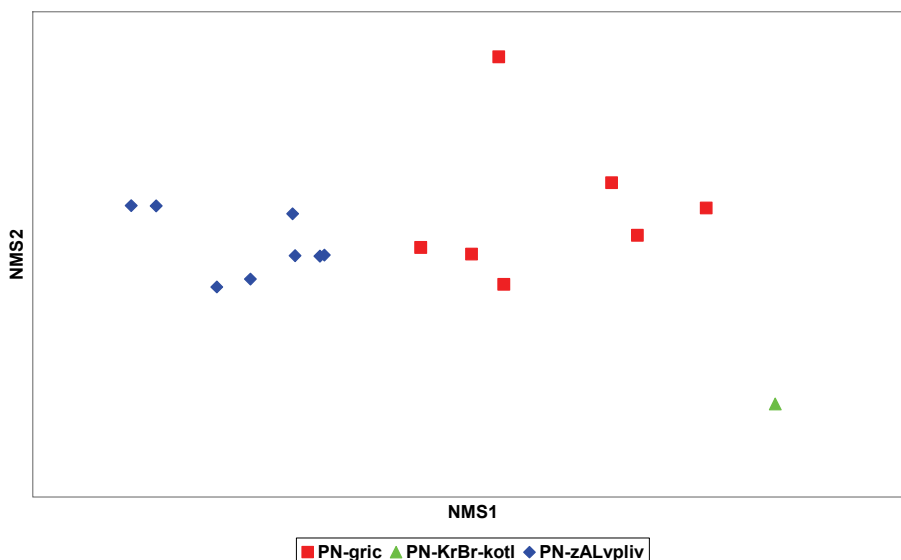
Slika 6. Ordinacijski diagram nemetričnega multidimenzionalnega skaliranja vzorčnih mest na podlagi bentoških nevretenčarjev. Simboli označujejo bioregije: ED-kras – Dinarski kras, ED-hrib – Dinarska hribovja, PD-hrib-ravni – Preddinarska hribovja in ravnine. Faktor stresa (stress) = 0,12.

Figure 6. Non-metric multidimensional scaling ordination diagram of the sampling sites using benthic invertebrate data. Overlay indicates bioregions: ED-kras – Dinaric karst, ED-hrib – Dinaric hills, PD-hrib-ravni – Pre-Dinaric hills and plains. Stress = 0.12.



Slika 7. Ordinacijski diagram nemetričnega multidimenzionalnega skaliranja vzorčnih mest na podlagi bentoških nevretenčarjev. Simboli označujejo bioregije: SM-hrib-s – Submediteranska hribovja s površinskim odtokom, SM-hrib-brez – Submediteranska hribovja brez površinskega odtoka, Obalna – Obalna gričevja. Faktor stresa (stress) = 0,12.

Figure 7. Non-metric multidimensional scaling ordination diagram of the sampling sites using benthic invertebrate data. Overlay indicates bioregions: SM-hrib-s – Sub-Mediterranean hills with surface outflow, SM-hrib-brez – Sub-Mediterranean hills without surface outflow, Obalna – Coastal hills. Stress = 0.12.



Slika 8. Ordinacijski diagram nemetričnega multidimenzionalnega skaliranja vzorčnih mest na podlagi bentoških nevretenčarjev. Simboli označujejo bioregije: PN-gric – Panonska gričevja in ravnine, PN-KrBr-kotl – Krško-brežiška kotlina, PN-zALvpliv – Panonske ravnine z alpskim vplivnim območjem. Faktor stresa (stress) = 0,12.

Figure 8. Non-metrical multidimensional scaling ordination diagram of the sampling sites using benthic invertebrate data. Overlay indicates bioregions: PN-gric – Pannonian hills and plains, PN-KrBr-kotl – Krško-Brežice basin, PN-zALvpliv – Pannonian plains with alpine influence. Stress = 0.12.

Nekatere abiotске značilnosti (prevladujoča geološka podlaga in razpon višinskih pasov), na osnovi katerih lahko opišemo bioregije, so prikazane v Tabeli 1. Med bioregijami zbuja pozornost bioregija Dinarski kras, saj nima rek s prispevno površino $>10 \text{ km}^2$. Poleg omenjenih abiotških razlik med bioregijami so tudi zoogeografske, ki se kažejo v življenjskih združbah. Z analizami NMS smo potrdili ustreznost členitve hidroekoregij in subhidroekoregij na bioregije (slike 4-8), saj so vzorčna mesta posameznih bioregij v različnih delih ordinacijskih diagramov.

Razprava

Tipologija je izhodišče za karakterizacijo voda in uspešno upravljanje voda v skladu z Vodno direktivo (Direktiva 2000/60/ES). Vsaka država sama izbere pristop za karakterizacijo voda. Členitev ekoregij na manjše homogene ekološke enote je eden izmed možnih pristopov karakterizacije voda (Wasson in sod. 2002, Moog in sod. 2004). Tak pristop smo izbrali tudi mi. Hidroekoregije (Urbanič 2007, v tisku) smo dodatno členili na subhidroekoregije. S členitvijo hidroekoregij Alpe in Dinaridi smo želeli upoštevati vzorec razširjenosti, ki je značilen za vodne organizme, ki se ne morejo po naravni poti razširjati med porečji. Banarescu (1972) je ta vzorec razširjenosti pripisal površinskim (epigejskim) izvorno vodnim organizmom. Ti organizmi se po Banarescu (1972) ne razširjajo pasivno, zato območja razširjenosti ustrezajo porečjem. Tak tip razširjenosti imajo npr. ribe, višji raki, večina mehkužcev in površinski vrtinčarji (skupina Tricladida). Za te organizme so ločena porečja glavne ovire razširjanja, dodatne ovire pa so tudi znotraj porečij, saj je večina vrst vezanih na dele vodotokov s specifičnimi ekološkimi značilnostmi (Banarescu 1990). To skupino organizmov je Banarescu (1990) poimenoval tudi favna rečnih sistemov. V Sloveniji sta dve glavni porečji oz. povodji: jadransko povodje in donavsko porečje. Med obema porečjema oz. povodjema je razlika v vrstni sestavi rib (Povž in Sket 1990, Sket 2003). Razlike v ribjih združbah rek obeh porečij oz. povodij smo ugotovili tudi z našo statistično analizo (Sl. 2), in ker so ribe eden izmed bioloških elementov za vrednotenje ekološkega stanja rek (Direktiva 2000/60/ES), smo to upoštevali že v začetnih korakih tipologije rek v Sloveniji. V primeru členitve hidroekoregije Dinaridi nismo upoštevali razvodnice med jadranskim povodjem in donavskim porečjem, vendar vse reke s prispevno površino $>10 \text{ km}^2$ submediteranske subhidroekoregije tečejo v Jadransko morje, Evdinarske subhidroekoregije pa v Črno morje. Sket (2003) je predlagal, da bi morda poleg podonavskega in jadranskega območja lahko kot posebno biogeografsko enoto ločili še zaprto kraško vodovje. V naši členitvi smo velik del »zaprtih« kraških površinskih voda na podlagi podobnosti združb bentoških nevretenčarjev uvrstili v bioregijo Dinarski kras, ki pa vključuje le del kraškega območja jadranskega povodja, vendar brez površinskih rek s prispevno površino $>10 \text{ km}^2$. Preostali del zaprtega kraškega območja jadranskega povodja smo razdelili v dve bioregiji. V bioregiji Submediteranski kras ni površinskih rek s prispevno površino $>10 \text{ km}^2$ in ima karbonatno podlago (apnenci in dolomiti), medtem ko ima bioregija Submediteranska hribovja brez površinskega odtoka prevladujočo flišno geološko podlago. Posebnost v členitvi je tudi otok v bioregiji Obalna gričevja, ki ga sestavlja sladkovodni del reke Rižane. Reka Rižana je po združbi bentoških nevretenčarjev bolj podobna rekam bioregije Submediteranska hribovja s površinskim odtokom kot bioregiji Obalna gričevja. Vzrok je v značilnostih močnega kraškega izvira z vse leto relativno nizko temperaturo vode in s posebnimi hidrološkimi

značilnostmi, ki pomembno vplivajo na bentoške organizme (Urbanič 2004, Urbanič in Toman 2006, 2007). Za obe bioregiji submediteranskih hribovij nismo ugotovili razlik v združbah, saj se vzorčna mesta obeh bioregij na ordinacijskem diagramu prepletajo (Sl. 7). Dve bioregiji smo določili zaradi dejstva, da površinska nepovezanost reke z morjem ali jezerom vpliva na tamkajšnji obstoj oz. neobstoj migratornih vrst rib (npr. jegulja - *Anguilla anguilla*) in s tem vpliva na ribje združbe. V hidroekoregiji Panonska nižina smo določili tri bioregije. Reke bioregije Panonske ravnine z alpskim vplivnim območjem imajo povirja v hidroekoregiji Alpe. Alpski vpliv se kaže predvsem v temperaturi vode in hidroloških značilnostih, ki so najpomembnejši dejavniki, ki vplivajo na razporeditev bentoških organizmov in rib (Illies & Botosaneanu 1963, Statzner & Higler 1986, Urbanič in Toman 2007). V bioregiji »Panonska gričevja« večina rek izvira v gričevnatem in ravninskem delu pod 400 m n.v., ali pa so reke že tako oddaljene od povirij v hidroekoregiji Alpe, da se alpski vpliv ne kaže več na združbah organizmov. Reke bioregije »Krško-brežiška kotlina« imajo povirja v hidroekoregiji Dinaridi, kar se kaže tudi v združbah.

Pri preverjanju ustreznosti tipologije velikih rek z biološkimi podatki smo imeli na voljo zelo malo bioloških podatkov z referenčnih mest, t.j. mest, kjer je vpliv človekovega delovanja zelo majhen (Vodna direktiva 2000/60/ES), saj je večina velikih rek močno spremenjenih in današnje združbe ne ustrezajo referenčnim razmeram. V močno spremenjenih rekah najdemo le zelo tolerantne taksone, ki so splošno razširjeni, zato ne moremo pričakovati, da bomo ugotovili razlike v združbah med različnimi tipi rek. Kljub temu smo za nekatere velike reke imeli na voljo posamične historične podatke in smo jih uporabili pri določitvi tipov.

Summary

Characterization of surface waters is the first step in the implementation of the Water Framework Directive. Typology of surface waters can be performed using two main approach systems, A or B. In Slovenia, the system B is used, and one of the river type descriptors is also inland water ecoregion-hydroecoregion. In this work we performed further division of inland water ecoregions in Slovenia. Initially, a priori approach was used dividing hydroecoregions using different thematic maps, e.g. geology, river regimes, landscape regions, karst areas, slopes, elevation classes, catchment areas. The a priori analysis was followed by statistical analyses using biological data. Historical fish data and benthic invertebrate data collected at reference and slightly impacted sites were used. An ordination method of non-metric multidimensional scaling was performed to test the a priori classification of sampling sites. Following the two main river basins in Slovenia, the Danube river basin and the Adriatic river basin, the Alps and Dinarids hydroecoregions were each divided in two subhydroecoregions.

The Alps hydroecoregion was divided into the Alps-Danube river basin and the Alps-Adriatic river basin, whereas the Dinarids hydroecoregion was divided into the Eudinaric and the Sub-Mediterranean subhydroecoregions. The appropriateness of the division was supported by the statistical analyses, which revealed that reference fish communities differ in both main river basins. In addition, hydroecoregions and subhydroecoregions were divided into 16 bioregions and 9 types of large rivers. In the Dinarids hydroecoregion, seven bioregions were defined, three in the Eudinaric subhydroecoregion and four in the Sub-Mediterranean subhydroecoregion. In the Sub-Mediterranean subhydroecoregion, no major difference was found in benthic invertebrate communities between the bioregions Sub-Mediterranean hills with surface outflow and Sub-Mediterranean hills without surface outflow. However, surface connectivity to the coastal waters influences fish communities (e.g. presence of *Anguilla anguilla*) and therefore two bioregions were delineated. The Sub-Mediterranean Karst bioregion has no surface waters with a catchment area >10 km². In the Eudinaric subhydroecoregion, the Dinaric Karst bioregion is characterised by the absence of surface outflow, whereas Dinaric hills have the highest altitude classes in this hydroecoregion. In the Alps hydroecoregion, five bioregions were delineated. Three are in the Alps-Danube river basin subhydroecoregion and two in the Alps-Adriatic river basin subhydroecoregion. The main abiotic differentiation is in the dominant geology and maximum altitude classes, which are lower in the pre-Alpine bioregions. In the Pannonian lowland hydroecoregion, three bioregions were delineated. The main difference in the abiotic characterisation of the bioregions is the catchment areas. In the bioregions Pannonian plains with alpine influence, Krško-Brežice basin and Pannonian hills, most headwaters are located in the Alps hydroecoregion, Dinarids hydroecoregion and Pannonian lowlands hydroecoregion, respectively. Moreover, there is also a difference in dominant geology. The Po lowland hydroecoregion was not further divided and has only one bioregion in Slovenia.

Zahvala

Zahvaljujem se vsem kolegom, ki so sodelovali pri obdelavi bentoških nevretenčarjev, in mag. Gregorju Sluga za kartografsko podporo.

Viri

- Banarescu P. (1972): Types of distributions among freshwater animals. Rev. Roum. Boil. – Zool. 17: 23–30.
- Banarescu P. (1990). Zoogeography of freshwaters. Vol. 1. General distribution and dispersal of Freshwater Animals. Wiesbaden, Aula Verlag, 511 str.
- Barbour M.T., Gerritsen J., Snyder B.D., Stribling J.B. (1999): Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second

- Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C. <http://www.epa.gov/OWOW/monitoring/techmon.html>
- Direktiva 2000/60/ES evropskega parlamenta in sveta z dne 23. oktobra 2000, Bruselj, 72 str.
- Franke J. (1892): Die Gewässer in Krain und ihre nutzbare Fauna, Ljubljana.
- Gabrovec s sod. (1998): Nova regionalizacija Slovenije. V: Perko D., Orožen-Adamič M. (ur.), Slovenija - Pokrajine in ljudje. Mladinska knjiga, Ljubljana, 735 str.
- Illies J. (1978): Limnofauna Europaea. 2. Auflage. Gustav Fischer Verlag: Stuttgart, New York, 532 str.
- Kolbezen M., Pristov J. (ur.) (1998): Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije. Ministrstvo za okolje in prostor, Hidrometeorološki zavod Slovenije, Ljubljana, 98 str.
- Moog O., Schmidt-Kloiber A., Ofenböck T., Gerritsen J. (2004): Does the ecoregion approach support the typological demands of the EU »Water Framework Directive«? *Hydrobiologia* 516: 21-33.
- Podani J. (2000): Introduction to the exploration of multivariate biological data. – Backhuys Publishers, Leiden, 497 str.
- Povž M., Sket B. (1990): Ribe Slovenije. Mladinska knjiga, Ljubljana, 93 str.
- Sket B. (2003): Oblikuje se današnje živalstvo. V: Sket B., Gogala M., Kuštor V. (ur.), Živalstvo Slovenije. Tehniška založba Slovenije, Ljubljana, str. 41–55.
- Šmilauer P. (2003): WinKyst 1.0 User's Guide. Microcomputer Power, České Budějovice.
- Urbanič G. (2005a): Hidroekoregije Slovenije. V: Urbanič G. (ur.), Ekološko stanje za reke in jezera, poročilo o delu v letu 2005. Inštitut za vode Republike Slovenije, Ljubljana, str. 6-10.
- Urbanič G. (2005b): Tipske regije tekočih voda Slovenije. V: Urbanič G. (ur.), Ekološko stanje za reke in jezera. Poročilo o delu v letu 2005. Inštitut za vode Republike Slovenije, Ljubljana, str. 11-14.
- Urbanič G. (2006): Dopolnitve v razmejitvi hidroekoregij in bioregije celinskih voda Slovenije. V: Urbanič, G. (ur.), Dodelava tipizacije za reke in jezera. Poročilo o delu v letu 2006. Inštitut za vode RS, Ljubljana, str. 12-19.
- Urbanič G. (2007): Ekoregije celinskih voda – hidroekoregije v Sloveniji; dopolnitve v razmejitvi. V: Urbanič G. (ur.), Dopolnitev tipologije. Poročilo o delu v letu 2007. Inštitut za vode RS, Ljubljana, str. 4-8.
- Urbanič G. (v tisku): Redelineation of European Inland water Ecoregions in Slovenia. Review of Aquatic Biology.
- Urbanič G., Ambrožič Š., Tavzes B., Weldt S. (2006): Vzorčenje in obdelava 10 vzorcev bentoških nevretenčarjev nabranih v velikih rekah (po Urbanič 2005) za določanje ekološkega stanja vodotokov v Sloveniji in sočasne meritve izbranih splošnih fizikalno-kemijskih parametrov: končno poročilo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Ljubljana, 24 str.
- Urbanič G., Ambrožič Š., Tavzes B., Pavlin M., Sever M., Weldt S. (2007): Analiza vzorcev bentoških nevretenčarjev za določanje ekološkega stanja rek v skladu z Vodno direktivo (Direktiva 2000/60/ES): končno poročilo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Ljubljana, 108 str.

- Urbanič G., Tavzes B., Toman M.J., Ambrožič Š., Hodnik V., Zdešar K., Sever M. (2005): Priprava metodologij vzorčenja ter laboratorijske obdelave vzorcev bentoških nevretenčarjev (zoobentosa) nabranih v vodotokih in obdelava 70 vzorcev bentoških nevretenčarjev. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Ljubljana, 38 str.
- Wasson J.G., Chandesris A., Pella H. (2002): Définition des hydro-écorégions de France métropolitaine. Approche régionale de typologie des eaux courantes et éléments pour la définition des peuplements de référence d'invertébrés. Technical report, Cemagref Lyon BEA/LHQ, 190 str.