

Oznaka poročila: ARRS-CRP-ZP-2017/9



ZAKLJUČNO POROČILO CILJNEGA RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1.Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	V1-1427
Naslov projekta	Elementi stanja voda pri določanju ekološko sprejemljivega pretoka Water status element at defining the ecologicaly acceptable flow
Vodja projekta	22766 Gorazd Urbanič
Naziv težišča v okviru CRP	3.01.02 Presoja parametrov stanja voda pri določanju ekološko sprejemljivega pretoka v postopkih izdaje vodnih pravic
Obseg raziskovalnih ur	1545
Cenovni razred	C
Trajanje projekta	07.2014 - 06.2016
Nosilna raziskovalna organizacija	211 INŠTITUT ZA VODE REPUBLIKE SLOVENIJE
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	105 Nacionalni inštitut za biologijo 414 Zavod za ribištvo Slovenije 481 Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	1 NARAVOSLOVJE 1.03 Biologija 1.03.03 Ekosistemi
Družbeno-ekonomski cilj	02. Okolje
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	1 Naravoslovne vede 1.06 Biologija

2.Sofinancerji

	Sofinancerji	
1.	Naziv	Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano
	Naslov	Dunajska 22, 1000 Ljubljana
2.	Naziv	Ministrstvo za okolje in prostor
	Naslov	Dunajska cesta 48

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

Doseganje dobrega ekološkega stanja in rabo voda pogosto razumemo kot aktivnosti z nasprotujočimi si cilji. Namen raziskave je bil ugotoviti, ali lahko kljub odvzemanju vode v alpskih vodotokih dosežemo dobro ekološko stanje in katere dejavnike obremenitve moramo upoštevati. Osnovni cilj naše raziskave je bil priti do spoznanj, ki bodo omogočile nadgradnjo obstoječega pristopa Uredbe o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka (Uredba o Qes). Raziskavo smo izvedli na malih vodotokih (s prispevno površino med 10 in 100 km²) v hidroekoregiji Alpe. Uporabili smo podatke o sestavi in številčnosti organizmov okoli 300 vzorcev (podatki o združbah rib, bentoških nevretenčarjev in fitobentosa). Za vse vzorce smo izračunali indekse ekološkega stanja, kot podatke o obremenitvah pa smo uporabili hidrološke parametre, indekse hidromorfoloških obremenitev (indeksi Slovenske hidromorfološke metode - SIHM), parametre pokrovnosti tal ter oddaljenost od dolvodne pregrade. Kjer so bili evidentirani odvzemi vode, smo izračunali vrednost povprečnega trenutnega odvzema (LOD), maksimalnega trenutnega odvzema (TOD) ter faktor »f« iz Uredbe o Qes. V raziskavi smo preverili hipotezo, da je Qes funkcija odvzema vode, hidromorfoloških značilnosti mesta vzorčenja, onesnaženja in dolvodne povezanosti. Odvzem vode smo definirali kot razmerje med LOD in srednjim malim pretokom (sQnp) oz. najmanjšim malim pretokom (nQnp), hidromorfološke značilnosti vzorčnega odseka smo opisali z indeksom hidromorfološke kakovosti in spremenjenosti (HQM) metode SIHM, onesnaženje smo definirali z indeksom rabe zemljišč (LUAL), medtem ko smo dolvodno povezanost definirali kot razdaljo do prve dolvodne pregrade. Ugotovili smo, da se na odvzeme vode najboljše in podobno odzovejo združbe bentoških nevretenčarjev in rib oz. metode vrednotenja ekološkega stanja na podlagi bentoških nevretenčarjev (indeks SMEIH) in rib (indeks SIFAIR). Pri preverjanju vpliva odvzema vode na ekološko stanje voda smo ugotovili, da se s povečevanjem relativnega odvzema vode poslabšuje ekološko stanje vodotoka, vendar da ekološko stanje ni odvisno le od relativnega odvzema vode ampak tudi od drugih okoljskih dejavnikov. Na podlagi ugotovljenih povezav med indeksi ekološkega stanja in parametri obremenitev smo razvili orodje za izračun odvzema vode iz vodotoka z upoštevanjem ekološkega stanja. Iz modela je razvidno, da je ob določitvi količine vode, ki bo zadostila cilju doseganja dobrega ekološkega stanja, treba upoštevati tudi rabo zemljišč in hidromorfološko stanje vodotoka ter zagotoviti prehodnost pregrad za vodne organizme. Na podlagi ugotovitev smo podali predlog dopolnitve uredbe o Qes.

ANG

Good ecological status and water use are often understood as activities with contradictory goals. The intention of our research was to find out, if there is possibility to achieve good ecological status in alpine streams despite water abstraction, and which stressors should be considered at the same time. The main objective of our research was to gain the knowledge for upgrading of existing approach of Decree on criteria for determination and on the mode of monitoring and reporting of ecologically acceptable flow (Decree on Qes). The research area were small streams (with catchment 10 – 100 km²) in ecoregion Alps. Data on organisms' composition and abundance for ca. 300 samples were used (data on fish, benthic invertebrate and phytobenthos assemblages). Ecological status indices were calculated for all samples. As stressors hydrological parameters, indices of hydromorphological pressures (Slovenian hydromorphological method indices - SIHM), land cover and the distance to downstream barrier were used. Where there was water abstraction on the section, maximum momentary abstraction (TOD), average momentary abstraction – based on annual abstraction constraint (LOD), and factor »f« from the Decree on Qes were calculated. In our research we verified the hypothesis that Qes is a function of water abstraction, hydromorphological characteristics of sampling site, pollution and downstream connectivity. Water abstraction was defined as the ratio between LOD and average low flow (sQnp) or lowest low flow (nQnp), hydromorphological characteristics of sampling site were described with Index of hydromorphological quality and modification (HQM) of SIHM method, pollution was defined with land use index (LUAL), and downstream connectivity as the distance to first downstream barrier. Our findings showed the best and similar response to water abstraction for benthic invertebrate and fish assemblages and methods for ecological status assessment based on benthic invertebrates (index SMEIH) and fish (index SIFAIR). Testing the influence of water abstraction on ecological status of streams showed that ecological status is getting worse with water abstraction increase, but also that ecological status does not depend only on relative water abstraction but also other environmental factors. Based on identified relations between ecological status indices and stressor parameters, a tool for water abstraction calculation with regard to ecological status was developed. It is clear from the model, that when defining the flow to reach the goal of good ecological status, also land use and hydromorphological status of the stream should be considered, and besides, the barrier passability for aquatic organisms should be provided. With regard to our findings, a proposition for upgrading of Decree on Qes was presented.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela oz. ciljev na raziskovalnem projektu²

Ekološko sprejemljiv pretok (Qes) je eden od ukrepov za doseganje dobrega stanja voda v skladu z vodno direktivo, vendar pri pripravi metod za določanje Qes običajno niso upoštevani cilji vodne direktive (npr. dobro stanje voda). Namen projekta je bil ugotoviti, ali obstoječi kriteriji za ekološko sprejemljiv pretok (minimalni pretok) zagotavljajo doseganje dobrega ekološkega stanja vodotokov skladno z vodno direktivo, ter pripraviti predlog dopolnitev metodologije za določanje ekološko sprejemljivega pretoka v Sloveniji. Oblikovali smo hipotezo, da je ekološko stanje funkcija odvzema vode, hidromorfoloških značilnosti vzorčnega mesta, onesnaženja in dolvodne povezanosti in da zato ni dovolj, da Qes definiramo le kot minimalni pretok. Raziskovalni projekt je bil organiziran v devet delovnih svežnjev (DS). V okviru nalog DS1 (vodenje projekta) smo skrbeli za terminsko izvajanje nalog, pripravljali delovna srečanja projektne skupine in informirali sofinancerje ter poskrbeli za realizacijo vseh zastavljenih ciljev projekta. V DS2 (vpliv odvzemov vode na vodne ekosisteme) smo pregledali najnovejšo literaturo s področja vpliva hidrološkega režima rek (naravnega kot tudi spremenjenega zaradi človekovega delovanja) na združbe vodnih in obvodnih ekosistemov. Pregledali smo komponente hidrološkega režima, zajete v raziskavah, način njihovih meritev ter statističnih izračunov, vključno s podatkom o njihovi funkciji ter povezanosti z oblikovanjem rečnih ekosistemov, tako njihovih fizičnih (morfoloških) značilnosti kot združb vodnih organizmov. Pregledali smo tudi izsledke raziskav povezave hkratnega delovanja več obremenitev ali pritiskov (multipli stresorji) na rečne ekosisteme. Ugotovitve so nam bile v pomoč za pregled obremenitev v DS4 pri izboru vodotokov in vzorčnih mest za potrebe naše raziskave. V DS3 (metode določanja ekološko sprejemljivega pretoka) smo pripravili pregled najnovejših metodologij določanja ekološko sprejemljivega pretoka (Qes), posebej še v alpskih državah, ter njihovo vključenost v zakonodajo. V DS4-DS6 so bile aktivnosti usmerjene v zbiranje podatkov za preverjanje ustreznosti faktorjev »f« za določitev količin vode v strugi – ekološko sprejemljiv pretok – v vodotokih hidroekoregije Alpe. V DS4 (analiza obremenitev) smo na podlagi multikriterijske analize izbrali vzorčna mesta za vzorčenje združb organizmov, izvajanje meritev splošnih fizikalno-kemijskih in hidromorfoloških parametrov ter ovrednotenje ekološkega stanja. V DS5 (hidrološke razmere) in DS6 (ekološko stanje) smo pridobili podatke o združbah organizmov in okoljskih spremenljivkah z 10 vzorčnih mest na vodotokih v hidroekoregiji Alpe s prispevno površino 10–100 km², na katerih so male hidroelektrarne s povratnim odvzemom vode in majhnimi drugimi obremenitvami. Na izbranih vzorčnih mestih smo izvedli hidrološke meritve, analize splošnih fizikalno-kemijskih parametrov, popise hidromorfoloških značilnosti ter vzorčenje rib, fitobentos in bentoških nevretenčarjev. Splošne fizikalno-kemijske parametre smo merili v štirih različnih obdobjih (sezonah), medtem ko smo biološke in hidromorfološke podatke dobili z enkratnim vzorčenjem oz. popisom značilnosti. Popis hidromorfoloških značilnosti smo izvedli po slovenski metodi za vrednotenje spremenjenosti hidromorfoloških značilnosti (SIHM). Na podlagi združb organizmov smo ovrednotili ekološko stanje voda skladno z metodologijami vrednotenja ekološkega stanja, ki so bile interkalibrirane na evropski ravni. Poleg novo pridobljenih podatkov na 10 vzorčnih mestih smo zbrali in uredili tudi biološke podatke (bentoški nevretenčarji, fitobentos, ribe) pridobljene z namenom razvoja metod vrednotenja ekološkega stanja malih vodotokov hidroekoregije Alpe. Za vsa vzorčna mesta in biološke vzorce smo s pomočjo hidroloških podatkov z vodomernih postaj in značilnosti porečij izračunali hidrološke parametre (DS5). Na večini izbranih vodotokov smo na podlagi ocene vpliva onesnaženja na združbe ugotovili dobro ali zelo dobro ekološko stanje, kar je bilo dobro izhodišče za ugotavljanje vpliva hidromorfoloških značilnosti vključno z odvzemanjem vode na ekološko stanje voda. Z zbiranjem obstoječih bioloških podatkov smo pridobili > 250 podatkov o ekološkem stanju odsekov malih vodotokov v hidroekoregiji Alpe na podlagi vsaj ene združbe vodnih organizmov (bentoški nevretenčarji, fitobentos, ribe). Zbrani so nam omogočili, da smo lahko pri ugotavljanju povezav med parametri ekološkega stanja in hidrološkimi parametri oz. parametri ekološko sprejemljivega pretoka dobili zanesljive rezultate, saj so osnovani na relativno velikem številu podatkov. V DS7 smo ugotavljali povezave med rezultati vrednotenja ekološkega stanja in štirimi skupinami obremenitev: raba tal, hidromorfološke značilnosti, hidrološke značilnosti (odvzemi vode) in dolvodne pregrade. Ugotovili smo, da se metode vrednotenja ekološkega stanja na podlagi rib (indeks SIFAIR) in bentoških nevretenčarjev (indeks SMEIH) dobro in podobno odzivajo na obremenitve, tudi na odvzeme vode. Potrdili smo hipotezo, da ekološko stanje ni odvisno le od minimalnega pretoka oz. faktorja »f«, ampak da moramo upoštevati tudi druge parametre obremenitve. Na podlagi te ugotovitve smo izvedli multiplo regresijo in razvili model odvisnosti ekološkega stanja od parametrov odvzema vode, hidromorfoloških razmer in rabe tal. Na podlagi modela smo določili vrednosti dovoljenega odvzema vode za male alpske vodotoke ob različnih vrednostih drugih obremenitev (raba zemljišč, hidromorfološke razmere). V DS8 smo na podlagi ugotovitev iz DS7 pripravili dopolnjen predlog metodologije za določanje ekološko sprejemljivega pretoka, ki upošteva poleg minimalnega pretoka tudi kriterije hidrološke dinamičnosti in prehodnosti za organizme ter druge parametre obremenitev oz. elemente ekološkega stanja, ki zagotavljajo doseganje ciljev vodne direktive npr. dobro ekološko stanje. V DS9 so potekale aktivnosti v zvezi z diseminacijo vmesnih in končnih rezultatov projekta. Projekt smo predstavili naročnikom in tudi na domačih in mednarodnih konferencah. Izsledke ugotovitev smo uporabili kot izhodišče za določitev ekološko sprejemljivega pretoka v študiji vpliva predvidenega odvzema vode za malo

hidroelektrarno (MHE) na reki Radoljni na ekološko stanje in s tem ugotovitve projekta neposredno prenesli v prakso. Vsebine projekta komuniciramo s tujimi partnerji na več ravneh, saj z delovanjem v evropskih delovnih skupinah za interkalibracijo metod vrednotenja ekološkega stanja in za pripravo smernic za vključevanje ekoloških pretokov v načrte upravljanja voda izmenjujemo izkušnje in znanje ter iščemo skupno razumevanje povezav med ekološkimi pretoki in ekološkim stanjem. S trimesečnim raziskovalnim in pedagoškim delovanjem vodje projekta na Univerzi v Zagrebu smo izvedli tudi uspešno sodelovanje na znanstvenem področju. Iskali smo predvsem rešitve za boljše razumevanje povezav med združbami organizmov oz. ekološkim stanjem in multiplimi stresorji s poudarkom na hidromorfoloških značilnostih vodotokov ter učinkovitem upravljanju voda. V povezavi s projektom smo razvili več mednarodnih raziskovalnih sodelovanj in pripravili več znanstvenih objav.

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev³

V obdobju trajanja projekta 2014-2016 smo skladno z načrtom raziskovalnega projekta realizirali celoten program dela na raziskovalnem projektu. Ugotovili smo, da kriteriji za ekološko sprejemljiv pretok vedno ne zagotavljajo doseganje dobrega ekološkega stanja malih vodotokov v hidroekoregiji Alpe v skladu z vodno direktivo in da so nekateri faktorji »f« pre nizki ter predlagali dopolnitev metodologije s povečanjem števila parametrov. Namesto le kriterija za minimalni pretok, smo predlagali dopolnitev s kriteriji hidrološke dinamičnosti vodotokov in prehodnosti pregrad. S tem smo potrdili raziskovalno hipotezo, da je ekološko stanje funkcija odvzema vode, hidromorfoloških značilnosti vzorčnega mesta, onesnaženja in dolvodne povezanosti in da zato ni dovolj, da Qes definiramo le kot minimalni pretok, ampak ga moramo definirati kot kombinacijo več parametrov obremenitev. S predstavitvami projekta na znanstvenih in strokovnih srečanjih doma in v tujini smo rezultate projekta posredovali končnim uporabnikom in zainteresirani strokovni javnosti. Z uporabo izsledkov ugotovitev projekta kot izhodišč za določitev ekološko sprejemljivega pretoka v študiji vpliva predvidenega odvzema vode za malo hidroelektrarno (MHE) na reki Radoljni smo ugotovitve projekta neposredno prenesli v prakso. Komunikacija s tujimi partnerji na več ravneh npr. z delovanjem v evropskih delovnih skupinah za interkalibracijo metod vrednotenja ekološkega stanja in za pripravo smernic za vključevanje ekoloških pretokov v načrte upravljanja voda in z delovanjem na tujih raziskovalnih institucijah smo izmenjevali izkušnje in znanje ter pripravili več skupnih znanstvenih objav. Ocenjujemo, da je realizacija programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev bila izvedena v celoti in zelo uspešno.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁴

Program raziskovalnega projekta se je spremenil v toliko, da smo pridobili dodatne podatke o ekološkem stanju ter analize izvedli na bistveno večjem setu podatkov od prvotno načrtovanega. V letu 2014 smo dopolnili projektno skupino na Inštitutu za vode Republike Slovenije z enim mladim raziskovalcem in eno tehnično sodelavko. V letu 2016 se je spremenila sestava projektne skupine na Inštitutu za vode Republike Slovenije. Razlog je bil odhod nekaterih zaposlenih, ki so bili člani projektne skupine, na Direkcijo za vode.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	2706511	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv sprememb hidromorfoloških značilnosti velikih rek na združbe bentoških nevretenčarjev
		ANG	Hydromorphological degradation impact on benthic invertebrates in large rivers in Slovenia
			Raziskovali smo povezavo med hidromorfološko degradacijo in bentoškimi nevretenčarji v velikih rekah v Sloveniji. Pet indeksov slovenske hidromorfološke metode je bilo uporabljenih za razvoj gradienta obremenitve. Upoštevane so bile izhodiščne hidromorfološke razmere in na podlagi tega sta bila določena hidromorfološka tipa velikih rek. Rezultate kanonične korespondenčne analize smo uporabili za določitev indikatorskih in tolerančnih vrednosti 315 taksonov bentoških nevretenčarjev, ki smo jih

Opis	SLO	v kombinaciji z abundančnimi razredi združili v Indeks rečne favne (RFI). Za številne druge biotske metrike smo preverili povezavo z gradientom obremenitve. S kombinacijo RFI in deleža taksonov, ki preferirajo akal, lital in psamal smo zgradili Slovenski multimetrijski indeks za velike reke (SMEIH). Dobra povezava indeksa SMEIH z gradientom obremenitve je potrdila, da je indeks dobro orodje za vrednotenje ekološkega stanja in upravljanja voda.		
	ANG	Large rivers are amongst the most degraded ecosystems. We studied a relationship between hydromorphological degradation and benthic invertebrates in large rivers in Slovenia. Five indices of the Slovenian hydromorphological assessment methodology were used to develop a HM stressor gradient. Natural type-specific habitat diversity was considered in the hydromorphological stressor gradient building and thus two hydromorphological types of large rivers were defined. CCA ordination with five HM indices and 315 benthic invertebrate taxa revealed variations in taxa response along the HM stressor gradient. First CCA axis species values were used to develop a taxon-specific river fauna value (Rfi), whereas tolerance values (biplot scaling) were used to determine a hydromorphological indicative weight (HWi). Rfi, HWi, and log5 abundance classes were combined using weighted average approach to construct a River fauna index for large rivers (RFIVR). Several additional benthic invertebrate-based metrics were also tested against the HQM. A Slovenian multimetric index for assessing the hydromorphological impact on benthic invertebrates in large rivers (SMEIHVR) was constructed from the RFIVR and a functional metric %akal + lithal + psammal taxa (scored taxa = 100%). The strong relationship between hydromorphological stressor gradient and SMEIHVR index provides us with an effective assessment system and river management tool.		
	Objavljeno v	Junk; Hydrobiologia; 2014; Vol. 729, iss. 1; str. 191-207; Impact Factor: 2.275; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.696; A': 1; WoS: PI; Avtorji / Authors: Urbanič Gorazd		
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
2.	COBISS ID	7326049	Vir: COBISS.SI	
Opis	Naslov	SLO	Bentoški nevretenčarji v vrednotenju stanja jezer: pregled metod, interkalibracija in praktični predlogi	
		ANG	Benthic macroinvertebrates in lake ecological assessment: A review of methods, intercalibration and practical recommendations	
	Opis	SLO	V objavi podajamo pregled metod vrednotenja ekološkega stanja jezer na podlagi bentoških nevretenčarjev v Evropi. Pregledali in interkalibrirali smo 13 metod vrednotenja. Metode naslavlja vplive različnih obremenitev: zakisanost (3 metode), eutrofikacija (3 metode), spremembe morfoloških značilnosti (2 metodi) in kombinacija eutrofikacije in morfoloških sprememb (5 metod). Za proces interkalibracije so bile metode razdeljene v štiri skupine glede na vzorčen habitat in naslovljene obremenitve. Za primerjavo metod smo razvili tri indekse obremenitve in dve biološka multimetrijska indeksa. Prepoznali smo metode, ki so najprimernejše za vrednotenje ekološkega stanja glede na dominantno obremenitev. Na podlagi tega smo podali praktična navodila za razvoj in harmonizacijo metod vrednotenja.	
			In this study, we review and intercalibrate 13 benthic invertebratebased tools across Europe. These assessment tools address different human impacts: acidification (3 methods), eutrophication (3 methods), morphological alterations (2 methods), and a combination of the last two (5 methods). For intercalibration, the methods were grouped into four intercalibration groups, according to the habitat sampled and putative pressure. Boundaries of the 'good ecological status' were compared and	

		ANG	harmonized using direct or indirect comparison approaches. To enable indirect comparison of the methods, three common pressure indices and two common biological multimetric indices were developed for larger geographical areas. Additionally, we identified the best-performing methods based on their responsiveness to different human impacts. Based on these experiences, we provide practical recommendations for the development and harmonization of benthic invertebrate assessment methods in lakes and similar habitats.
	Objavljeno v		Elsevier; Science of the total environment; 2016; Vol. 543; str. 123-134; Impact Factor: 3.976; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.363; A': 1; WoS: JA; Avtorji / Authors: Poikane Sandra, Johnson Richard K., Sandin Leonard, Schartau Ann Kristin, Solimini Angelo G., Urbanič Gorazd, Arbačiauskas Kęstutis, Aroviita Jukka, Gabriels Wim, Miler Oliver, Pusch Martin T., Timmk Henn, Böhmer Jürgen
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS ID	3101263	Vir: COBISS.SI
3.	Naslov	SLO	Povezanost morfoloških parametrov in združb bentoških nevretenčarjev ter splošne usmeritve za upravljanje s hidromorfološkimi lastnostmi ekosistemov tekočih voda
		ANG	The links between morphological parameters and benthic invertebrate assemblages, and general implications for hydromorphological river management
	Opis	SLO	V zadnjih desetletjih je v upravljanju z ekosistemi tekočih voda več pozornosti namenjeno spremenjenosti hidromorfoloških lastnosti, kar poudarja pomembnost razumevanja povezave med hidromorfološkimi značilnostmi in združbami vodnih organizmov. V prispevku smo se ukvarjali s splošnimi vzorci odziva združb bentoških nevretenčarjev na posamezne morfološke značilnosti v naravno pestrih slovenskih vodotokih. Celoten razpon lastnosti kakovosti (RHQ lastnosti) in sprememb rečnih habitatov (RHM lastnosti) smo zajeli glede na Slovenski hidromorfološki sistem. Z regionalnimi pokrajinskimi značilnostmi smo pojasnili relativno nizek delež variabilnosti lastnosti RHQ in RHM, kar nakazuje na neregionalno prisotnost morfoloških lastnosti. Kot najpomembnejše izmed lastnosti RHQ za zgradbo združbe bentoških nevretenčarjev smo ugotovili prevladujoč tok in substrat struge. V primerjavi z lastnostmi RHQ smo za lastnosti RHM ugotovili nizko pojasnjevalno sposobnost. Združba bentoških nevretenčarjev se po naših ugotovitvah manj odziva na sam objekt spremembe kot pa na učinek te spremembe na lastnosti kakovosti rečnih habitatov. Z delitvijo pojasnjene variabilnosti med tri skupine okoljskih spremenljivk smo ugotovili predvsem neodvisne deleže pojasnjene variabilnosti združbe bentoških nevretenčarjev (69 %), najvišje na podlagi regionalnih pokrajinskih značilnosti (30 %) in lastnosti RHQ (31 %). Ker so združbe bentoških nevretenčarjev prilagojene na habitatske razmere pred človekovim vplivom, se lahko različno odzivajo na enake morfološke spremembe v odvisnosti od regionalnih značilnosti. Zato se je lahko uporaba združenega niza podatkov iz različnih regij odrazila v nizki pojasnevalni sposobnosti lastnosti RHM. Naše ugotovitve dajejo splošni okvir za upravljanje z ekosistemi tekočih voda. Za bolj natančno določitev pomembnosti posameznih hidromorfoloških sprememb priporočamo analize na bolj homogenih območjih glede na regionalne pokrajinske značilnosti.
			In the last decades, hydromorphological degradation of rivers has gained more attention in river management, stressing the importance of understanding the links between hydromorphology and aquatic assemblages. The present study investigated general patterns in the response of benthic invertebrate assemblages to single morphological

		ANG	features along naturally diversified Slovenian rivers. The whole gradient of local habitat quality (river habitat quality, RHQ) and habitat modification (river habitat modification, RHM) features, according to the Slovenian hydromorphological assessment method, was covered. Regional natural characteristics explained the low share of RHQ and RHM variability, indicating nonregional presence of morphological features. The analysis identified predominant flow and predominant channel substrate as the most important RHQ features. We found that in contrast to RHQ features, RHM features had low explanatory power. These results suggest a weaker response of benthic invertebrate assemblages to the physical alteration itself than to the effect that the alteration exerts on habitat quality features. Variance partitioning among three environmental variable groups revealed predominantly independent effects (69%) on benthic assemblages, mostly on account of regional natural characteristics (30%) and RHQ features (31%). As benthic invertebrate assemblages are adapted to the former natural conditions, a similar modification may result in different effects with regard to regional natural differences. Therefore, the low proportion of variability, explained by RHM features, might be the consequence of joint dataset from different regions. Our study gives general implications for river management, but in order to more clearly define the significance of particular modification features, we suggest further analysis within more homogeneously defined habitats that encompass regional natural characteristics.
	Objavljeno v		Oxford; Ecohydrology; 2015; Vol. 8, issue 1; str. 67-82; Impact Factor: 2.138; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.519; A': 1; WoS: GU, JA, ZR; Avtorji / Authors: Petkovska Vesna, Urbanič Gorazd
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	7024481	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Raznolikost vodilnih slik ekosistemov tekočih voda, določenih na podlagi ekološko pomembnih lastnosti rečnih habitatov za alpsko, mediteransko, nižinsko in kraško regijo
		ANG	Variety of the guiding image of rivers - defined for ecologically relevant habitat features at the meeting of the alpine, mediterranean, lowland and karst regions
	Opis	SLO	Zaradi dolgotrajnega človekovega delovanja na ekosisteme tekočih voda težko najdemo izvirne razmere, zato se je uveljavila uporaba vodilne slike, s katero opišemo današnje potencialno naravno stanje. Ker regionalne pokrajinske značilnosti delno določajo naravne lastnosti rečnih habitatov in združb organizmov na lokalni ravni, smo predvidevali, da se bodo regionalno razlikovale tudi vodilne slike. V prispevku smo določili vodilne slike štirih glavnih regij: alpske, nižinske, mediteranske in kraške z obravnavo habitatskih lastnosti vodotokov v štirih glavnih evropskih ekoregijah: Alpe, Panonska nižina, Submediteran in Dinaridi. Za določitev vodilne slike smo uporabili le tiste habitatske lastnosti, ki so se že pokazale kot ekološko pomembne. Ugotovili smo razlike v lastnostih rečnih habitatov med vsemi obravnavanimi regijami. Ob upoštevanju vseh referenčnih mest smo največji gradient ugotovili za lastnosti rečnih habitatov, ki so tesno povezane z dinamiko vodnega toka in plavin. Za te lastnosti smo ugotovili največje razlike med alpskimi in nižinskimi vodotoki, po drugi strani pa podobnosti med mediteranskimi in alpskimi vodotoki ter med kraškimi in nižinskimi vodotoki. Pomemben gradient smo ugotovili tudi na podlagi lastnosti obrežne in vodne vegetacije, za katere smo najvišje vrednosti opazili za alpske in mediteranske vodotoke ter nižje v kraških ali nižinskih vodotokih. Vendar pa preprosta zgradba vegetacije, ki jo lahko razberemo iz naših rezultatov, lahko ni reprezentativna slika

			naravnih razmer, zato je treba biti previden pri uporabi zaključkov za te lastnosti. V prispevku smo predlagali prvi korak k določitvi vodilne slike vodotokov v štirih glavnih regijah. Na podlagi opažene raznolikosti nekaterih lastnosti rečnih habitatov znotraj posameznih regij predlagamo nadaljne raziskave na ožjih skupinah vodotokov. Ne glede na to pa so prepoznane podobnosti in razlike med regijami v ekološko pomembnih lastnostih rečnih habitatov lahko vodilo za bolj trajnostno in stroškovno učinkovito upravljanje z ekosistemi tekočih voda.
	ANG		Due to a long history of human intervention in river ecosystems, pristine conditions hardly exist nowadays and therefore a concept of a "guiding image" defines the present-day potential natural state. Since regional physiographic factors influence the natural habitat features and biota on local level, also guiding images are expected to differ regionally. In this study, the guiding images of rivers of four major regions were defined: alpine, lowland, mediterranean and karst. The habitat features of rivers were studied in four major European regions: the Alps, the Pannonian Lowland, the Submediterranean region and the Dinaric region. For the analysis only those river habitat quality features were used that were proven to be ecologically important. The results showed differences among habitat features of rivers of all investigated regions. On the whole dataset the major gradient among reference sites was observed for habitat features that are in tight relation to water flow and sediment dynamics. For these features the major differences were found between the alpine and the lowland rivers, and on the other hand the similarities were observed between the Mediterranean and the Alpine rivers and between the karst and the lowland rivers. Another important gradient was observed on account of habitat features of riparian and channel vegetation. The highest values of these features were observed for the alpine and the mediterranean rivers and lower in the karst or the lowland rivers. However, the simpler riparian vegetation structure suggested by our results might not be the representative picture of natural vegetation, so the values of these features for a guiding image should be used with caution. In the present study the first step to the guiding images of the rivers in four major regions is proposed. Since the results showed considerable variability of some river habitat features present within regions, we suggest further investigation on even smaller groups. Nevertheless, the recognized differences and similarities among four regions in river habitat features that are ecologically relevant might serve as guidance for more sustainable and cost-effective river management.
	Objavljeno v		Elsevier; Ecological engineering; 2015; Letn. 81; str. 373-386; Impact Factor: 2.740; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.363; WoS: GU, IH, JA; Avtorji / Authors: Petkovska Vesna, Urbanič Gorazd, Mikoš Matjaž
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	5. COBISS ID		7952737 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Poplave reke Bosne maja 2014
		ANG	The Bosna River floods in may 2014
	Opis	SLO	Maja 2014 so na spodnjem delu porečja reke Save nastopile poplave izrednih razsežnosti, ki so povzročile ogromno škode ter za seboj pustile katastrofalne posledice. Na osnovi zbranih podatkov je bilo analizirano vremensko dogajanje in podan opis hidroloških razmer v Bosni in Hercegovini (BiH) na porečju reke Bosne z rezultati analize verjetnosti velikosti zabeleženih padavin ter pretokov. Iz zabeleženih podatkov je razvidno da so izredno intenzivne padavine povzročile specifični odtok v velikosti 1,0 m³/s/km². Za učinkovitejšo izdelavo rekonstrukcije in napovedovanje takih poplavnih dogodkov a porečju reke Bosne je bil razvit

		hidrološki model HBV-light. Vse analize potrjujejo, da je bil dogodek maja 2014 izreden pojav, katerega povratna doba močno presega 100 let. Študija je osnova za nadaljnjo opredelitev protipoplavnih ukrepov in razvoj orodji za izdelavo napovedi poplavnih pretokov na porečju reke Bosne.
	ANG	In May 2014, extreme floods occurred in the lower Sava River basin, causing major damage, with catastrophic consequences. Based on the data gathered, the weather situation in Bosnia and Herzegovina's (BiH) Bosna River basin was analysed and the hydrological conditions were provided, including the results of the probability analysis of the size of the recorded precipitation and flow rates. According to the observed data, extremely high precipitation intensities produced specific discharges of 1.0% $m^3s^{-1}km^2$. A hydrological model of the Bosna River basin was developed using HBV light for the purposes of reconstructing and forecasting such events more effectively. All analyses confirmed that the May 2014 event was an extreme extraordinary event whose return period greatly exceeds 100 years. The study is the basis for further flood safety measures and flood forecast development in the Bosna River basin.
	Objavljeno v	European Geophysical Society; Natural hazards and earth system sciences; 2016; Letn. 16, št. 10; str. 2235-2246; Impact Factor: 2.277; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.519; A': 1; WoS: LE, QQ, ZR; Avtorji / Authors: Vidmar Andrej, Globevnik Lidija, Koprivšek Maja, Sečnik Matej, Zabret Katarina, Đurović Blažo, Anzeljc Darko, Kastelic Janez, Kobold Mira, Sušnik Mojca, Borojević Darko, Kupusović Tarik, Kupusović Esena, Vihar Anja, Brilly Mitja
	Tipologija	1.02 Pregledni znanstveni članek

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	4214438	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv hidromorfoloških lastnosti vodotokov Slovenije na združbe bentoških nevretenčarjev
		ANG	The influence of hydromorphological characteristics of Slovenian rivers on benthic invertebrate assemblages
	Opis	SLO	Ugotavljali smo vpliv hidromorfoloških spremenljivk različnih ravni na združbe bentoških nevretenčarjev (BN) v vodotokih Slovenije in ekoregij: Alpe, Dinaridi in Panonska nižina. Uporabili smo podatke o združbah BN s 302 mest vzorčenja, pridobljenih med leti 2005 in 2011. Za vsako mesto vzorčenja smo zbrali podatke o 49 okoljskih spremenljivkah in jih razvrstili v štiri skupine: raba tal, regionalne pokrajinske značilnosti (tipologija), lastnosti kakovosti rečnih habitatov (RHQ) in lastnosti spremenjenosti rečnih habitatov (RHM). Povezave med združbami BN in okoljskimi spremenljivkami smo ugotavljali s kanonično korespondenčno analizo (CCA). S spremenljivkami RHQ smo večinoma pojasnili precej večji delež variabilnosti združb BN kot s spremenljivkami RHM. Ugotovili smo razlike v pomembnosti okoljskih spremenljivk glede na ekoregijo. Porazdelitev pojasnjene variabilnosti združb BN med skupine okoljskih spremenljivk smo ugotavljali s parcialno CCA (pCCA). Dobro smo razlikovali med vplivi tipoloških spremenljivk ter RHQ in RHM spremenljivk. Tipološke spremenljivke do neke mere oblikujejo procese na nižjih ravneh, vendar je velik delež zgradbe združb BN odvisen od lastnosti kakovosti habitata ne glede na tipološke dejavnike. S pCCA med spremenljivkami rabe tal in ostalimi skupinami okoljskih spremenljivk smo največje presečne deleže pojasnjene variabilnosti združb BN ugotovili s tipološkimi spremenljivkami.

		Dobro smo lahko ločili med vplivi rabe tal ter lastnostmi kakovosti in spremenjenosti rečnih habitatov na združbe BN. Na podlagi ekološko pomembnih morfoloških spremenljivk smo za štiri glavne evropske regije določili vodilno sliko rečnih habitatov, ugotovili značilne razlike med alpsko, nižinsko, mediteransko in kraško regijo ter podali usmeritve za upravljanje z ekosistemi tekočih voda. Preverili smo še povezanost kombinacij že prej analiziranih morfoloških spremenljivk z združbami BN in večinoma z njimi pojasnili večji delež variabilnosti združb BN kot s posameznimi spremenljivkami morfoloških značilnosti.
	ANG	The influence of hydromorphological variables on benthic invertebrate (BI) assemblages was studied in Slovenian rivers and ecoregions Alps, Dinaric western Balkan and Pannonian Lowland. Data on BI assemblages were obtained from 302 sampling sites between the years 2005 and 2011. For each sampling site data on 49 environmental variables were collected and were assigned to four environmental variable groups: regional natural characteristics (typology), land use, river habitat quality variables (RHQ), and river habitat modification variables (RHM). The relation of environmental variables on BI assemblages was analyzed using canonical correspondence analysis (CCA). In general, RHQ variables explained higher share of BI assemblages% variability than RHM variables. The importance of environmental variables was dependent on ecoregion. The explained variability of BI assemblages was divided among groups of environmental variables using partial CCA. The effects of tipological variables and RHQ or RHM variables were well discerned. Tipological variables constrain the processes on smaller scales, but a considerable part of BI assemblage composition is dependent on habitat quality features irrespective of typological characteristics. pCCA between land use variables and other environmental variable groups showed the highest joint effects of explained variability of BI assemblages with tipological variables. We have well discerned among land use effects and RHQ or RHM variables on BI assemblages. Using ecologically relevant morphological variables the guiding images of river habitats of four major European regions were defined. Significant differences were observed among river habitats of alpine, lowland, mediterranean and karst region, and guidance for river management was presented. The relationship between BI assemblages and different combinations of previously used morphological variables was also analysed and generally more variability of BI assemblages was explained than with individual morphological variables.
	Šifra	D.09 Mentorstvo doktorandom
	Objavljeno v	[V. Petkovska]; 2015; XVII f., 155, [16] str.; Avtorji / Authors: Petkovska Vesna
	Tipologija	2.08 Doktorska disertacija
2.	COBISS ID	3757135

Opis	SLO	Odločba Komisije z dne 20. septembra 2013, s katero so bile objavljene dopolnjene metodologije vrednotenja ekološkega stanja in mejne vrednosti med razredi ekološkega stanja, usklajene v procesu interkalibracije. V letu 2015 smo pripravili predlog dopolnitev metodologij vrednotenja ekološkega stanja na podlagi strokovnega predloga dopolnitev Uredbe in Pravilnika iz 2013, rezultatov 2. faze interkalibracije ter dopolnitev metodologij vrednotenja ekološkega stanja, ki so bile pripravljene in usklajene v Sloveniji do konca leta 2015.	
	ANG	For river basin management ecological status assessment methods should be developed for each of biological quality elements (BQE). Ecological status assessment methods, implemented in Slovenia by Decree on surface water status and Rules on surface water status monitoring, were upgraded and numerous new methods were developed that were still missing. Conclusion of 2. intercalibration phase of ecological status assessment methods based on BQE on european level resulted in gazzete of Commission Decision from 20. September 2013, implementing the upgraded ecological status assessment methods and boundary values between ecological status classes, harmonized in the intercalibration process. In 2015 we harmonized a proposition on upgrading of ecological assessment methods based on Proposition of upgrading the Decree and Rules from 2013, the results of 2. intercalibration phase and upgrading of existing methods, developed and harmonized in Slovenia till the end of 2015.	
	Šifra	F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso
	Objavljeno v	Inštitut za vode Republike Slovenije; 2015; 17 str.; Avtorji / Authors: Urbanič Gorazd, Petkovska Vesna, Dolinar Nataša, Kuhar Urška, Remec-Rekar Špela, Rotar Bernarda, Sever Maja, Eleršek Tina, Francé Janja, Kosi Gorazd, Mavrič Borut, Orlando-Bonaca Martina, Germ Mateja, Gaberščik Alenka, Podgornik Samo	
	Tipologija	2.12	Končno poročilo o rezultatih raziskav
3.	COBISS ID	3756879	Vir: COBISS.SI
Opis	Naslov	SLO	Tipologija umetnih in močno preoblikovanih vodnih teles, ki so določena s Pravilnikom o vodnih telesih površinskih voda (Ur. l. RS 63/05, 26/06, 32/11)
		ANG	Typology of artificial and heavily modified water bodies, defined by the Rules on determing and classification for water bodies on surface water (Ur. l. RS 63/05, 26/06, 32/11)
		SLO	Skladno s prilogo II Vodne direktive je treba vsako vodno telo razvrstiti v svoj tip, prav tako tudi umetna (UVT) in močno preoblikovana (MPVT) vodna telesa. Po Pravilniku o določitvi in razvrstitvi vodnih teles površinskih voda (UL RS, št. 63/2005, 26/2006, 32/2011) imamo v Sloveniji 19 MPVT in 4 UVT. V nalogi smo razvrstili MPVT in UVT v obstoječe (ekološke) tipe voda ali nove (ekološke) tipe voda z uporabo že obstoječih ali dodatnih deskriptorjev skladno z Vodno direktivo. Ustreznost razvrstitve MPVT in UVT v ekološke tipe smo preverili s podatki združb organizmov, ki jih uporabljamo za vrednotenje ekološkega stanja oz. potenciala površinskih voda skladno z Vodno direktivo. Določena tipologija bo izhodišče za razvoj metod vrednotenja ekološkega potenciala in za določitev omilitvenih ukrepov na MPVT in UVT.
			In accordance with the Annex II of Water Framework Directive each water body should be differentiated according to type, also artificial (AWB) and heavily modified (HMWB) water bodies. In the Rules on determing and classification for water bodies on surface water (Ur. l. RS 63/05, 26/06, 32/11) 19 HMWB and 4 AWB are defined in Slovenia. We classified HMWB

		ANG	and AWB into already existing (ecological) types or into new (ecological) types, using the existing or additional descriptors according to Water Framework Directive. The differentiation of HMWB and AWB was tested with data of biological elements, used for ecological status or potential assessment in accordance with Water Framework Directive. The developed typology will be a basis for development of ecological potential assessment methods and definition of mitigation measures on HMWB and AWB.
	Šifra	F.12	Izboljšanje obstoječe storitve
	Objavljeno v		Inštitut za vode Republike Slovenije; 2015; 94 str.; Avtorji / Authors: Urbanič Gorazd, Petkovska Vesna, Šiling Rebeka, Knehtl Miha, Dolinar Nataša, Kuhar Urška, Remec-Rekar Špela, Rotar Bernarda, Sever Maja, Eleršek Tina, Francé Janja, Kosi Gorazd, Mavrič Borut, Orlando-Bonaca Martina, Germ Mateja, Gaberščik Alenka, Podgornik Samo
	Tipologija	2.12	Končno poročilo o rezultatih raziskav
4.	COBISS ID	3758671	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Elementi stanja voda pri določanju ekološko sprejemljivega pretoka - predstavitev ciljnega raziskovalnega projekta
		ANG	Elements of water body status in ecologically acceptable flow definition – the introduction to the research project
	Opis	SLO	Ekološko sprejemljiv pretok (Qes) je eden od ukrepov za doseganje dobrega stanja voda v skladu z Vodno direktivo. Pri pripravi metod za določanje Qes običajno niso upoštevani cilji vodne direktive t.j. dobro stanje voda. Namen raziskave je ugotoviti, ali kriteriji za Qes zagotavljajo doseganje dobrega ekološkega stanja vodotokov v skladu z vodno direktivo, ter pripraviti predlog dopolnitev metodologije za določanje ekološko sprejemljivega pretoka v Sloveniji. V projektu bomo vrednotili povezave med značilnostmi vodnega toka oz. hidrološkimi značilnostmi in ekološkimi značilnostmi malih vodotokov v hidroekoregiji Alpe. Aktivnosti so usmerjene v zbiranje podatkov in preverjanje ustreznosti faktorjev »f« za določitev količin vode v strugi oz. ekološko sprejemljivega pretoka. Poleg preverjanja faktorjev »f« ugotavljamo, kako odvzemi vode spreminjajo hidrološke značilnosti vodotokov in katere od spremenjenih hidroloških značilnosti ključno vplivajo na združbe rib, alg in vodnih nevretenčarjev. Izbrali smo 10 vzorčnih mest na vodotokih v hidroekoregiji Alpe s prispevno površino 10-100 km ² . Na izbranih vodotokih so male hidroelektrarne s povratnim odvzemom vode in drugimi majhnimi obremenitvami. Na izbranih vzorčnih mestih smo izvedli hidrološke meritve, analize splošnih fizikalno-kemijskih parametrov, popise hidromorfoloških značilnosti ter vzorčenje rib, fitobentosa in bentoških nevretenčarjev. Na podlagi pridobljenih podatkov bomo ovrednotili ekološko stanje in različne abiotске in biotske značilnosti vodotokov. Poleg novo pridobljenih podatkov na 10 vodotokih bomo uporabili tudi podatke pridobljene z namenom razvoja metod vrednotenja ekološkega stanja malih vodotokov hidroekoregije Alpe, za katere bomo lahko izračunali ustrezne hidrološke parametre. Podatke bomo uporabili za ugotavljanje povezav med parametri ekološkega stanja in hidrološkimi parametri oz. parametri ekološko sprejemljivega pretoka. Na podlagi ugotovljenih povezav bomo pripravili smernice za trajnostno rabo vode v malih alpskih vodotokih.
			Ecologically acceptable flow (Qes) is one of the measures for the achievement of good ecological status required by Water Framework Directive (WFD). However, the development of methods used for setting Qes rarely considered the aims of WFD – good ecological status. The objective of our research is to test whether the existing criteria for setting Qes in Slovenia are enough for good ecological status achievement and provide guidelines for the improvement of the Qes definition method in

		ANG	Slovenia. The links between flow characteristics (hydrological characteristics) and ecological characteristics of small rivers in ecoregion Alps will be assessed. The data has been gathered and the appropriateness of »f« factors for Qes definition is being assessed. Besides »f« factor testing, the influence of water abstraction on river hydrological characteristics is being tested and defined which of those characteristics are most important in structuring fish, phytobenthos and benthic invertebrate assemblages. 10 sampling sites on rivers in ecoregion Alps with catchment area 10-100 km ² were selected, where small hydropower plants with reversible water abstraction exist. On selected sampling sites hydrological and physico-chemical parameters were measured, hydromorphological surveys were made and fish, phytobenthos and benthic invertebrates were sampled. The collected data will be used for ecological status assessment and other biological and abiotic characteristics description. Besides newly gathered data also data gathered as a part of ecological status monitoring and assessment system development programs in Slovenia will be used. For new and old data hydromorphological parameters will be calculated. Data will be used for testing the relationship between ecological status parameters and hydrological parameters. Based on understanding the relationship between river flow alterations and ecological response the guidelines for sustainable water use will be provided.	
	Šifra		F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)
	Objavljeno v		Vodnogospodarski biro; Zbornik referatov; 2015; Str. 230-237; Avtorji / Authors: Urbanič Gorazd, Smolar-Žvanut Nataša, Pavlin Urbanič Maja, Kosi Gorazd, Podgornik Samo, Anzeljc Darko, Blumauer Sabina, Čarf Maša, Đurovič Blažo, Eleršek Tina, Hrovat Mojca, Jenič Aljaž, Knehtl Miha, Kolman Gregor, Krivograd-Klemenčič Aleksandra, Mohorko Tanja, Petkovska Vesna, Rebolj Dušan, Šiling Rebeka, Zakrajšek Janko, Zelnik Igor	
	Tipologija		1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
5.	COBISS ID		3348303	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Napredna biologija	
		ANG	Advanced Biology	
	Opis	SLO	Pripravljeno je bilo študijsko gradivo (učbenik) za predmet napredna biologija za študente dodiplomskega študijskega programa Bionika v tehniki. Študijsko gradivo je primarna študijska literatura pri predmetu.	
		ANG	A textbook for subject Advanced Biology for students of the undergraduate program Bionics in Technics was prepared. A textbook is a primary study literature for the students.	
	Šifra		D.10	Pedagoško delo
	Objavljeno v		Visoka šola; 2015; 91 str.; Avtorji / Authors: Urbanič Gorazd	
	Tipologija		2.05	Drugo učno gradivo

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine²

V obdobju 2014-2016 so člani projektne skupine sodelovali v delovnih skupinah na ravni Evropske unije. a) Vodja projekta je bil: a. nacionalni predstavnik delovne skupine Ecostat za implementacijo Vodne direktive (Direktiva 2000/60/ES); b. nacionalni predstavnik za interkalibracijo metod vrednotenja ekološkega stanja rek in jezer na podlagi bentoških nevretenčarjev; c. član CEN delovne skupine za priprava evropskega standarda za vrednotenje hidromorfološke spremenjenosti jezer d. nacionalni predstavnik za interkalibracijo metod

vrednotenja ekološkega potenciala močno preoblikovanih vodnih teles b) Nataša Smolar Žvanut je bila nacionalni predstavnik v evropski delovni skupini za pripravo smernic za vključevanje ekološkega pretoka pri pripravi načrtov upravljanja voda c) Samo Podgornik je bil nacionalni predstavnik za interkalibracijo metod vrednotenja ekološkega stanja rek na podlagi rib d) Tina Eleršek je bila nacionalni predstavnik za interkalibracijo metod vrednotenja ekološkega stanja rek na podlagi fitobentosa Člani projektne skupine IzVRS so sodelovali pri pripravi Načrta upravljanja voda v Sloveniji. V letu 2015 smo na Inštitutu za vode Republike Slovenije za naročnika iz gospodarstva izvedli študijo vpliva predvidenega odvzema vode za malo hidroelektrarno (MHE) na reki Radoljni na ekološko stanje. V študiji smo uporabili izsledke tega CRP projekta - V1-1427: Elementi stanja voda pri določanju ekološko sprejemljivega pretoka kar pomeni neposredni prenos ugotovitev v prakso. Članica projektne skupine Vesna Petkovska je pod mentorstvom vodje projekta v letu 2015 uspešno zagovarjala doktorsko disertacijo z naslovom: Vpliv hidromorfoloških lastnosti vodotokov Slovenije na združbe bentoških nevretenčarjev, v katerih je ugotavljala povezave med hidromorfološkimi značilnostmi vodotokov in združbami bentoških nevretenčarjev, kar je tudi ena od tematik tega CRP projekta.

10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

10.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Pomembnost značilnosti hidrološkega režima za oblikovanje fizičnih značilnosti rek ter združb vodnih organizmov je že dolgo prepoznana. Zato se ob vse večji rabi vode in vodotokov za različne namene pojavlja vedno več načinov za določitev ekološko sprejemljivega pretoka (Qes), ki naj bi zagotovili trajnostno rabo vodnih in obvodnih ekosistemov. Pomanjkljivosti dosedanjih raziskav so predvsem nesistematično zbiranje podatkov hidroloških parametrov in nepokritost celotnega gradienta obremenitve (od nespremenjenega hidrološkega režima do popolnoma spremenjenega). V raziskavi smo zajeli celoten spekter razmer hidrološkega režima na malih alpskih vodotokih ter na novo pridobili podatke z odsekov vodotokov pod vplivom odvzema vode zaradi malih hidroelektrarn. Rezultati raziskave tako v prvi vrsti pomenijo dober prispevek k razumevanju povezave med obremenitvami zaradi spremembe hidrološkega režima ter združbami vodnih organizmov. Z ugotovitvami analiz z različnimi obremenitvami ter z več obremenitvami hkrati prispevamo k boljšemu razumevanju vpliva več hkratnih obremenitev na vodni ekosistem in opozarjamo na velik pomen sovplivanja le-teh. Metode vrednotenja ekološkega stanja na podlagi bioloških elementov večinoma niso bile dovolj specifično razvite, da bi razlikovale le različne tipe obremenitev (Rinaldi in sod., 2013). V najboljšem primeru se razvite metode odzivajo skupno na hidromorfološke obremenitve, v večini primerov pa je hidromorfološka spremenjenost zajeta v okviru vrednotenja splošne degradacije. V Sloveniji imamo že razvite sisteme vrednotenja ekološkega stanja voda z biološkimi elementi kakovosti za različne tipe obremenitev (Urbanič in sod., 2013, 2015), med drugim tudi hidromorfološko spremenjenost. Tekom raziskave smo preverili in tudi ugotovili odzivnost obstoječih metod za vrednotenje hidromorfološke spremenjenosti na podlagi različnih bioloških elementov tudi na hidrološke spremembe. Pokazali smo tudi, v kolikšnem deležu se biološki elementi odzivajo na same hidrološke spremembe in kolikšna je odvisnost od ostalih hidromorfoloških obremenitev. Rezultati raziskave v domačem merilu prinašajo nova znanstvena spoznanja ne le na področju upravljanja z vodami, ampak tudi limnološke stroke in splošne biološke stroke, saj raziskav na temo povezav hidroloških parametrov z elementi kakovosti ekološkega stanja v skladu z vodno direktivo še ni. Na podlagi ugotovitev raziskave imamo sedaj osnovo za razumevanje povezave med Qes in elementi kakovosti ekološkega stanja v ekoregiji Alpe, poleg tega pa pripomoremo tudi k splošnemu razumevanju vpliva sprememb hidrološkega režima ter olajšujemo nadaljnje raziskave v območjih drugih ekoregij. V svetovnem merilu spoznanja raziskave pomenijo nov strukturiran dodatek k obstoječemu znanju in omogočajo primerjavo s podobnimi raziskavami. Projekt nenazadnje predstavlja dober primer interdisciplinarnih dosežkov, saj so bile vanj vključene vsebine in strokovnjaki s področij biologije, kemije, gradbeništva, geografije, vodarstva in drugo, rezultati pa so prav tako uporabni za veliko različnih strok in na različnih ravneh.

ANG

The relevance of hydrological regime characteristics for the development of physical river

features and aquatic assemblages has been known for a long time. Hence, due to the growing use of water and rivers for different needs there is also an increase in number of approaches for ecologically acceptable flow (Qes) determination, which would enable sustainable use of water and near-water ecosystems. The weakness of former studies is notably unsystematic gathering of hydrological parameters' data and lack of whole stressor range coverage (from unchanged hydrological regime to completely modified one). In our research a whole range of hydrological regime conditions on small alpine rivers was used and new data was gained on rivers sections under the influence of water abstraction due to small hydropower plants. Research findings hence firstly mean a good contribution to understanding of linkage between pressures due to hydrological regime change and aquatic assemblages. With the findings from different stressors and multiples stressors analyses we add to improved understanding of multiple stressor effect on water ecosystem and address considerable meaning of their co-influence. The methods for ecological status assessment based on biological quality elements were mostly not developed distinctly enough to differentiate among different pressure types (Rinaldi et al., 2013). Best-case the developed methods respond to all hydromorphological stressors at the same time, but mostly the hydromorphological modification is covered by general degradation assessment. There are already developed ecological status assessment systems using biological quality elements in Slovenia, considering different pressure types (Urbanič et al., 2013, 2015), among which also hydromorphological modification. During our research the response of existing methods for hydromorphological status assessment using different biological quality elements on hydrological stressors were verified and also observed. Besides, we indicated in what share biological quality elements respond particularly to hydrological modifications and what is their dependence on other hydromorphological stressors. On the national level the research findings bring new scientific knowledge not only in the field of water management but also limnological and common biological profession, since no other studies on the relationships between hydrological parameters and ecological status quality elements in accordance with Water Framework Directive exist. Based on the findings now the framework exists for the understanding of the relationship between Qes and ecological status quality elements in ecoregion Alps, what's more it supports the overall understanding of the influence of hydrological regime changes and facilitates further research in areas of other ecoregions. On the international level our findings are an important systematic addition to existing knowledge, enabling the comparison with similar studies. Nevertheless, the project represents a good example of interdisciplinary achievement due to the inclusion of different subjects and experts from biology, chemistry, civil engineering, geography, water management and other fields, and also results are useful for variety of professions on different levels.

10.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

V Sloveniji obstaja veliko število malih hidroelektrarn, največ na alpskih vodotokih, od katerih velik delež deluje na podlagi odvzema vode iz vodotokov. V podeljevanju vodnih pravic za obstoječe male hidroelektrarne večinoma ni bil upoštevan vpliv na stanje vodotokov v skladu s trenutno veljavno evropsko vodno politiko. Poleg tega po Uredbi o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka (Uredba o Qes), po kateri se določa ekološko sprejemljiv pretok (Qes) za nove vlagatelje za pridobitev vodne pravice, pri določitvi Qes večinoma niso upoštevani cilji Vodne direktive (evropske zakonodaje), npr. doseganje dobrega stanja voda. Zato je nujna uskladitev pogojev za vodne pravice, ki bodo zadostili ciljem trenutno veljavne evropske vodne politike, torej Vodne direktive. V okviru projekta smo izbrali raznolike odvzeme vode zaradi delovanja malih hidroelektrarn in sodelovali z lastniki vodnih pravic. Izvedli smo nova vzorčenja združb vodnih organizmov na odsekih pod vplivom odvzemov vode, dodali rezultate k večji bazi podatkov iz javnih naročil in analizirali povezave med spremenjenostjo hidrološkega režima ter oceno hidromorfološke spremenjenosti z uporabo obstoječih metod za vrednotenje ekološkega stanja na podlagi različnih bioloških elementov. Pri reševanju problematike odvzemov vode iz vodotokov smo tudi povezali različna ministrstva. Na podlagi ugotovitev iz projekta smo razvili orodje za izračun odvzema vode iz vodotoka z upoštevanjem ekološkega stanja, torej tak izračun, ki bo zadostil principom veljavne evropske vodne politike. Z uporabo orodja smo podali pričakovanja, pri katerih vrednostih indeksov obremenitve bi bili odvzemi vode možni in do kakšne količine, če želimo dosegati dobro ali zelo dobro stanje voda. Menimo, da bo zaradi svoje jasnosti in

prilagodljivosti razvito orodje sprejeto med proizvajalci električne energije iz vodnih virov, kar bo vplivalo na izboljšanje okolja ter pozitivno dojemanje za uporabnike električne energije. Rezultati projekta z razvitim orodjem so lahko v pomoč ribiškim družinam, Zavodom za varstvo narave, Ministrstvu za okolje in prostor, Ministrstvu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano in Ministrstvu za gospodarski razvoj in tehnologijo za predvidevanje vplivov trenutnih in načrtovanih odvzemov vode na vodni ekosistem. Prav tako je lahko razvito orodje pomoč vlagateljem za pridobitev vodne pravice. Ugotovitve in rezultati projekta bodo v prihodnosti osnova za dopolnitev in nadgradnjo Uredbe o Qes, smiselno pa bodo uporabljeni najverjetneje tudi v nadaljnjih načrtih upravljanja voda v Sloveniji.

ANG

There is a large number of small hydropower plants in Slovenia, the largest part of it on Alpine rivers, where many of them operate on the basis of water abstraction from streams/rivers. In existing water rights' grants for small hydropower plants the influence on river status in accordance with the valid European water legislation was rarely considered. Besides, using the Decree on criteria for determination and on the mode of monitoring and reporting of ecologically acceptable flow in Slovenia (Decree on Qes), used for determination of ecologically acceptable flow (Qes) for new applications for water rights, mostly the determination of Qes does not consider the goals of Water Framework Directive (European legislation), such as gaining good water body status. Hence, it is of utmost importance to comply criteria for water rights, which will meet the requirements of the valid European water legislation, momentarily Water Framework Directive. Within our project different water abstractions due to small hydropower plants' operation were chosen and cooperation with water rights' owners was established. On the sections with water abstraction influence new samplings of aquatic assemblages were conducted and the results were combined with larger database from public procurements. The relationships between the altered hydrological regime and hydromorphological status assessment, using existing ecological status assessment methods based on different biological quality elements, were analyzed. Dealing with water abstraction issues we also connected different ministries. Using project findings we developed a tool for water abstraction calculation with regard to ecological status, hence the calculation to meet the principles of the valid European water legislation. Using the tool we presented the expectations, on which values of stressor indices water abstraction would be possible and to what amount, if the aim was good or very good water body status. We believe that due to its transparency and flexibility the tool will be accepted among hydropower producers, which will consequently influence environment improvement and positively perceptions of electric energy users. The findings of our project with the developed tool might help institutes for nature conservation, Ministry of the Environment and Spatial Planning, Ministry of Agriculture, Forestry and Food, and Ministry of Economic Development and Technology for prediction of existing and planned water abstraction influence on water ecosystem. Besides, the developed tool might be helpful for new water rights applicants. The findings and results of the project will be the basis for update and upgrade of Decree on Qes in the future, and will also most likely be used in future river basin management plans in Slovenia.

11. Vpetost raziskovalnih rezultatov projektne skupine

11.1. Vpetost raziskave v domače okolje

Kje obstaja verjetnost, da bodo vaša znanstvena spoznanja deležna zaznavnega odziva?

☒ v domačih znanstvenih krogih

☒ pri domačih uporabnikih

Kdo (poleg sofinancerjev) že izraža interes po vaših spoznanjih oziroma rezultatih?¹¹

Družbe, ki se ukvarjajo s proizvodnjo električne energije v hidroelektrarnah, družbe, ki se zanimajo za postavitev hidroelektrarn in družbe ali posamezniki, ki se zanimajo za pridobitev vodnih dovoljenj za odvzem vode iz vodotokov. Za zasebnega naročnika smo že izdelali študijo vpliva predvidenega odvzema vode za malo hidroelektrarno (MHE) na reki Radoljni na ekološko stanje. Ljubljana: Inštitut za vode Republike Slovenije, 2015. 75 f., ilustr. [COBISS.SI-ID

3759183]

11.2. Vpetost raziskave v tuje okolje

Kje obstaja verjetnost, da bodo vaša znanstvena spoznanja deležna zaznavnega odziva?

- ☒ v mednarodnih znanstvenih krogih
☐ pri mednarodnih uporabnikih

Navedite število in obliko formalnega raziskovalnega sodelovanja s tujini raziskovalnimi inštitucijami:¹²

Gorazd Urbanič: University of Zagreb, PMF, Hrvaška. Trajanje obiska 1.3.2015-31.5.2015, deloval kot gostujoči profesor in raziskovalec. Gorazd Urbanič in Samo Podgornik (evropska delovna skupina za skupno implementacijsko strategijo WFD Ecostat in delovne podskupine za interkalibracijo metod vrednotenja ekološkega stanja; npr. EU Joint Research Centre): BMFLU Dunaj, 1.-2.7.2014; ONEMA Paris, 3.-4.12.2014; CIEP Varšava 4.-5.11.2015, Rijkswaterstaat Lelystad 24.-25.2.2016

Kateri so rezultati tovrstnega sodelovanja:¹³

Objavljenih devet znanstvenih člankov v obdobju 2014-2016, od tega sedem v kategoriji 1A1 in dva v kategoriji 1A2. Priprava skupnega prispevka za znanstveno konferenco.

12. Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	

	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen ▼
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih ▼
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	▼
	Uporaba rezultatov	▼
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	▼
	Uporaba rezultatov	▼
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen ▼
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih ▼
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	▼
	Uporaba rezultatov	▼
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	▼
	Uporaba rezultatov	▼
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen ▼
	Uporaba rezultatov	V celoti ▼
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen ▼
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih ▼
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	▼
	Uporaba rezultatov	▼
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	▼

	Uporaba rezultatov	
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

Komentar

Ključni cilj projekta je bil priti do novih spoznanj, da bomo lahko izboljšali obstoječe sistemske, normativne rešitve in prenesli obstoječa znanja, metode in postopke v prakso ter pripravili novi standard. S tem bomo zagotovili trajnostno rabo voda in vodnih ekosistemov.

13. Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	☒	☐	☐	☐	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	☒	☐	☐	☐	
G.01.03.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	☐	☐	☐	☒	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	☐	☐	☐	☒	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	☒	☐	☐	☐	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	☒	☐	☐	☐	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	☒	☐	☐	☐	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	☐	☐	☐	☒	
G.02.07.	Večji delež izvoza	☒	☐	☐	☐	
G.02.08.	Povečanje dobička	☒	☐	☐	☐	
G.02.09.	Nova delovna mesta	☐	☒	☐	☐	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	☒	☐	☐	☐	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	☒	☐	☐	☐	
G.02.12.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	☒	☐	☐	☐	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	☒	☐	☐	☐	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	☒	☐	☐	☐	

G.03.04.	Drugo:						
G.04	Družbeni razvoj						
G.04.01.	Dvig kvalitete življenja						
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja						
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave						
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti						
G.04.05.	Razvoj civilne družbe						
G.04.06.	Drugo:						
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete						
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj						
G.07	Razvoj družbene infrastrukture						
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura						
G.07.02.	Prometna infrastruktura						
G.07.03.	Energetska infrastruktura						
G.07.04.	Drugo:						
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva						
G.09.	Drugo:						

Komentar

Z vidika sledenja ciljem Vodne direktive, ki je ohranjanje dobrega stanja in preprečevanje slabšanja stanja voda, je najpomembnejši vpliv na G. 06. Varovanje okolja in trajnostni razvoj. Rezultat projekta so ugotovljene povezave med parametri ekološkega stanja in hidrološkimi parametri oz. parametri ekološko sprejemljivega pretoka, katerega poznavanje je izhodišče za omogočanje trajnostne rabe voda, predvsem pa podlaga za odločanje pri podeljevanju vodnih pravic na državni ravni. Pripravljene smernice v okviru tega projekta bodo lahko podlaga pri podeljevanju vodnih pravic v malih alpskih vodotokih v Sloveniji in drugod.

14. Izjemni dosežek v letu 2016¹⁴

14.1. Izjemni znanstveni dosežek

V objavi, ki smo jo pripravili raziskovalci z več evropskih držav, smo primerjali 13 metod vrednotenja ekološkega stanja na podlagi bentoških nevretenčarjev. Ovrednotili smo ustreznost metod za vrednotenje vpliva različnih obremenitev, ter primerljivost rezultatov metod s katerimi prepoznavamo vzroke obremenitev, kar je ključnega pomena za stroškovno-účinkovito naslavljanje obremenitev z ukrepi za izboljšanje stanja z vidika upravljanja voda. Vir: POIKĀNE, Sandra, JOHNSON, Richard K., SANDIN, Leonard, SCHARTAU, Ann Kristin, SOLIMINI, Angelo G., URBANIČ, Gorazd, ARBAČIAUSKAS, Kęstutis, AROVIITA, Jukka, GABRIELS, Wim, MILER, Oliver, PUSCH, Martin T., TIMMK, Henn, BÖHMER, Jürgen. Benthic macroinvertebrates in lake ecological assessment: A review of methods, intercalibration and practical recommendations. Science of the total environment, ISSN 0048-9697, 2016, vol. 543, str. 123-134, doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.11.021. [COBISS.SI-ID 7326049], kategorija: 1A1 (Z, A', A1/2)

14.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja in obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta
- bomo sofinancerjem istočasno z zaključnim poročilom predložili tudi elaborat na zgoščenki (CD), ki ga bomo posredovali po pošti, skladno z zahtevami sofinancerjev.

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

INŠTITUT ZA VODE REPUBLIKE
SLOVENIJE

Gorazd Urbanič

ŽIG

Datum:

7.3.2017

Oznaka poročila: ARRS-CRP-ZP-2017/9

¹ Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku). [Nazaj](#)

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite cilje iz prijave projekta in napišite, ali so bili cilji projekta doseženi. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

³ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ V primeru odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'. [Nazaj](#)

⁶ Navedite družbeno-ekonomske dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'.

Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno-ekonomskega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat projekta ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 7 in 8 (npr. ni voden v sistemu COBISS). Največ 2.000 znakov,

vključno s presledki. [Nazaj](#)

⁸ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja. [Nazaj](#)

⁹ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹¹ Največ 500 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹² Največ 500 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

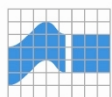
¹³ Največ 1.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹⁴ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2016 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu.

Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/> [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-CRP-ZP/2017 v1.00

FB-84-78-93-FF-84-2A-0E-31-EB-5D-47-3B-E0-48-6E-D2-E8-34-1E



INŠTITUT
ZA VODE
REPUBLIKE
SLOVENIJE

Institute
for Water of
the Republic
of Slovenia

*Voda za življenje, znanje za vode.
Water for Life, Knowledge for Water.*

**Končno poročilo za raziskovalni projekt
št. V1-1427 v okviru Ciljnega raziskovalnega
programa »Zagotovimo.si hrano za jutri«**

**»ELEMENTI STANJA VODA PRI DOLOČANJU
EKOLOŠKO SPREJEMLJIVEGA PRETOKA«**

Ljubljana, junij 2016



Raziskovalni projekt financirajo Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Ministrstvo za okolje in prostor in Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije po pogodbi št. 2330-14-000267.

NASLOV NALOGE: Elementi stanja voda pri določanju ekološko sprejemljivega pretoka

ŠTEVILKA PROJEKTA: V1-1427

IZVAJALCI: Inštitut za vode Republike Slovenije (IzVRS)
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta (UL-BF)
Nacionalni inštitut za biologijo (NIB)
Zavod za ribištvo Slovenije (ZZRS)



INŠTITUT ZA VODE REPUBLIKE SLOVENIJE
Institute for Water of the Republic of Slovenia

Univerza v Ljubljani
Biotehniška fakulteta

NIB
NACIONALNI INŠTITUT ZA BIOLOGIJO



VODJA PROJEKTA: Dr. Gorazd Urbanič, IzVRS

AVTORJI: Dr. Gorazd Urbanič, IzVRS
Dr. Nataša Smolar-Žvanut, IzVRS
Dr. Maja Pavlin Urbanič, UL-BF
Dr. Gorazd Kosi, NIB
Dr. Samo Podgornik, ZZRS
Dr. Vesna Petkovska, IzVRS
Darko Anzeljc, IzVRS
Sabina Blumauer, IzVRS
Maša Čarf, ZZRS
Blažo Djurović, IzVRS
Dr. Tina Eleršek, NIB
Dr. Mojca Hrovat, UL-BF
Aljaž Jenič, ZZRS



Miha Knehtl, IzVRS

Mag. Gregor Kolman, IzVRS

Dr. Aleksandra Krivograd Klemenčič, IzVRS

Dr. Tanja Mohorko, IzVRS

Dušan Rebolj, IzVRS

Rebeka Šiling, IzVRS

Janko Zakrajšek, IzVRS

Dr. Zelnik Igor, UL-BF

Dr. Igor Zelnik, UL-BF

Aljaž Jenič, ZZRS

DIREKTOR IZVRS: Igor Plestenjak

KRAJ IN DATUM: LJUBLJANA, junij 2016



KAZALO VSEBINE

1	UVOD	17
2	VPLIV OBREMENITEV NA VODNE EKOSISTEME	19
2.1	Vpliv hidroloških obremenitev na vodne ekosisteme.....	20
2.2	Vpliv hidroloških obremenitev na fitobentos	22
2.2.1	Vpliv na vrstni sestav in pogostost fitobentosa.....	23
2.2.2	Vpliv na biomaso fitobentosa.....	26
2.2.3	Vpliv na razrast fitobentosa	31
2.3	Vplivi hidroloških obremenitev na bentoške nevretenčarje.....	32
2.3.1	Vpliv na združbe bentoških nevretenčarjev	33
2.4	Vplivi hidroloških obremenitev na ribe	34
2.4.1	Vpliv na ribje združbe	35
2.5	Vpliv multiplih obremenitev na vodne ekosisteme	37
2.6	Vrednotenje ekološkega stanja.....	37
2.6.1	Vrednotenje ekološkega stanja vodotokov v Sloveniji	39
2.6.2	Vrednotenje vpliva hidromorfološke spremenjenosti na podlagi bioloških elementov kakovosti	41
2.7	Viri	46
3	METODE DOLOČANJA EKOLOŠKO SPREJEMLJIVEGA PRETOKA (Q_{ES})	56
3.1	Izrazi in definicija ekološko sprejemljivega pretoka.....	56
3.2	Pregled metod za določanje ekološko sprejemljivega pretoka	57
3.2.1	Hidrološke metode.....	58
3.2.2	Hidravlične metode	59
3.2.3	Metode simulacije habitatov.....	60
3.2.4	Celovite metode	61
3.3	Določanje ekološko sprejemljivih pretokov v državah Evropske unije.....	63
3.3.1	Določanje ekološko sprejemljivega pretoka v Sloveniji	65
3.3.2	Določanje ekološko sprejemljivega pretoka v Avstriji.....	66
3.4	Vključenost ekološko sprejemljivega pretoka v zakonodajo oz. smernice evropskih držav	68
3.5	Priporočila smernic za ekološke pretoke na nivoju Evropske unije.....	71
3.6	Viri	73
4	IZBOR VODOTOKOV NA PODLAGI ANALIZE OBREMENITEV	77
4.1	Območje raziskave	78
4.2	Določitev potencialnih vodotokov raziskave	80
4.3	Določitev potencialnih mHE ter izbor mHE za raziskavo	81
4.4	Izbor vzorčnih mest	87



4.5	Obstoječi podatki o bioloških elementih kakovosti	101
4.6	Viri	103
5	HIDROLOŠKE RAZMERE.....	105
5.1	Postopek analize.....	105
5.2	Izbrani odseki vodotokov	108
5.2.1	Hidrometrične meritve.....	110
5.3	Vzorčna mesta iz obdobja 1965-2015.....	127
5.3.1	Lokacije obravnavanih vzorčnih mest	129
5.3.2	Obravnavani hidrološki parametri	132
5.4	Opredelitev odvzemov	136
5.5	Parametri odvzemov vode glede na izbrane hidrološke parametre – parametri relativnih vrednosti odvzemov	137
5.6	Faktorji za določitev Qes na vzorčnih mestih.....	143
5.7	Viri	144
6	EKOLOŠKO STANJE.....	145
6.1	Hidromorfološki elementi kakovosti	150
6.1.1	Metode.....	150
6.1.2	Vrednosti hidromorfoloških lastnosti.....	158
6.2	Splošni fizikalno-kemijski elementi kakovosti	165
6.2.1	Metode.....	165
6.2.2	Vrednosti splošnih fizikalno-kemijskih parametrov	168
6.2.3	Rezultati fizikalno kemijskih analiz	169
6.3	Bentoški nevretenčarji	172
6.3.1	Metode.....	172
6.3.2	Združba bentoških nevretenčarjev na obravnavanih vzorčnih mestih	176
6.4	Fitobentos.....	187
6.4.1	Metode.....	187
6.4.2	Združba fitobentosa na obravnavanih vzorčnih mestih	191
6.5	Ribe.....	197
6.5.1	Metode.....	197
6.5.2	Ribje združbe na obravnavanih vzorčnih mestih.....	200
6.6	Ocena ekološkega stanja	213
6.7	Razprava	215
6.8	Viri	216
7	POVEZAVE MED EKOLOŠKIM STANJEM VODA IN EKOLOŠKO SPREJEMLJIVIM PRETOKOM (QES).....	217
7.1	Skupine okoljskih dejavnikov ali obremenitev	217



7.1.1	Raba tal.....	217
7.1.2	Hidromorfološke razmere	222
7.1.3	Hidrološke razmere	222
7.1.4	Vzdolžna povezanost.....	223
7.2	Določitev setov podatkov.....	223
7.3	Preveritev vpliva obremenitev na ravni združb organizmov	224
7.4	Preveritev vpliva obremenitev z indeksi vrednotenja ekološkega stanja.....	231
7.5	Odziv indeksov ekološkega stanja na podlagi rib in bentoških nevretenčarjev na odvzem vode.....	235
7.6	Preveritev faktorjev »f« iz Qes	237
7.7	Razvoj orodja za izračun odvzema vode iz vodotoka z upoštevanjem ekološkega stanja	238
7.8	Odziv indeksov ekološkega stanja na podlagi rib na oddaljenost od dolvodne pregrade	245
7.9	Viri	246
8	PREDLOG DOPOLNITVE UREDBE O EKOLOŠKO SPREJEMLJIVEM PRETOKU (QES)	248
8.1	Predlog dopolnitve 7. člena.....	249
8.2	Predlog dopolnitve 8. člena.....	250
8.3	Viri	250
9	PRILOGE	251



KAZALO SLIK

Slika 1. Organizacija raziskovalnega projekta.....	18
Slika 2. Posledice naravnega hidrološkega režima reke na združbe vodnih in obvodnih	20
Slika 3. Model neposrednih vplivov nizkih pretokov na biomaso fitobentosa v vodotokih. Spremembe fizikalnih pogojev v strugi neposredno vplivajo na združbo alg in posledično tudi na rečne habitate. (Smolar-Žvanut in Krivograd Klemenčič, 2013).	28
Slika 4. Tipi vodnih rastlinskih združb v povezavi s fizičnim stanjem vodotoka prilagojeno po Suren in Riis (2010) v nezasečenih vodotokih. (a) trije sestavni deli fizičnega stanja vodotoka (zaloga virov, hitrost toka v času med posameznimi poplavi in stabilnost substrata) so medsebojno povezani in določajo 12 potencialnih tipov vodotokov. (b) vsaka celica predstavlja enega od 12 potencialnih tipov vodotokov in prikazuje pričakovano rastlinsko združbo (ali značilno rastlinsko združbo) pred nastopom obdobja nizkih pretokov.....	29
Slika 5. Hipoteza zmerne motnje (intermediate disturbance hypothesis). Največje število vrst najdemo ob zmerni motnji.	34
Slika 6. Biološki elementi kakovosti in elementi, ki podpirajo biološke elemente kakovosti za vrednotenja ekološkega stanja vodotokov v skladu z Vodno direktivo (Direktiva 2000/60/ES).....	38
Slika 7. Razvrščanje v razrede ekološkega stanja v skladu z Vodno direktivo (Direktiva 2000/60/ES). FPL – fitoplankton, FB/MP – fitobentos in makrofiti, BN – bentoški nevretenčarji. KE in FI-KE – kemijski in fizikalno kemijski elementi, HM – hidromorfološki elementi	39
Slika 8. Razvrščanje vodnih teles vodotokov na podlagi bioloških elementov kakovosti (Urbanič in sod., 2013)	41
Slika 9. Razporeditev metod vrednotenja ekološkega stanja vodotokov po bioloških elementih kakovosti, ki naslavlja vpliv spremenjenosti hidromorfoloških značilnosti	42
Slika 10. Razporeditev metod vrednotenja ekološkega stanja vodotokov po bioloških elementih kakovosti, s preverjanim vplivom spremenjenosti hidromorfoloških značilnosti.....	43
Slika 11. Razporeditev metod vrednotenja ekološkega stanja vodotokov po bioloških elementih kakovosti, ki naslavlja vpliv spremenjenosti hidromorfoloških značilnosti s posebej izpostavljeno hidrološko obremenitvijo	44
Slika 12. Razporeditev metod vrednotenja ekološkega stanja vodotokov po bioloških elementih kakovosti, s preverjanim vplivom spremenjenosti hidromorfoloških značilnosti in drugih obremenitev	45
Slika 13. Razporeditev metod vrednotenja ekološkega stanja vodotokov po bioloških elementih kakovosti, s vplivom spremenjenosti hidromorfoloških značilnosti s posebej izpostavljeno hidrološko obremenitvijo in drugih obremenitev	46
Slika 14. Hidroekoregije v Sloveniji (Urbanič, 2008a)	78
Slika 15. Ekološki tipi vodotokov v Sloveniji (Urbanič in sod., 2013a)	79
Slika 16. Območje raziskave (hidroekoregija Alpe, vodotoki s prispevno površino 10–100 km ²)	79
Slika 17. Potencialni odseki vodotokov (zeleno obarvano) na območju raziskave	81
Slika 18. Potencialne mHE.....	82
Slika 19. Potencialne mHE z oceno primernosti vodomerne postaje	86
Slika 20. Potencialne mHE z oceno primernosti glede na ekomorfološko kategorizacijo	86



Slika 21. Izbrana vzorčna mesta (roza) ter mHE (rumena)	87
Slika 22. Izbrana vzorčna mesta (roza) ter mHE (rumena) na vodotoku Mostnica bioregije Karbonatne Alpe - Donavsko porečje	88
Slika 23. Izbrana vzorčna mesta (roza) ter mHE (rumena) na vodotoku Kneža bioregije Karbonatne Alpe - Jadransko povodje.....	89
Slika 24. Izbrana vzorčna mesta (roza) ter mHE (rumena) na vodotoku Cerknica bioregije Predalpska hribovja - Jadransko povodje	89
Slika 25. Izbrana vzorčna mesta (roza) ter mHE (rumena) na vodotoku Oplotnica bioregije Silikatne Alpe.....	89
Slika 26. Izbrana vzorčna mesta (roza) ter mHE (rumena) na vodotoku Suhodolnica bioregije Predalpska hribovja - Donavsko porečje.....	90
Slika 27. Mostnica, pod zajemom (koordinati: 414995, 128004)	91
Slika 28. Mostnica, nad zajemom (koordinati: 414505, 128842)	92
Slika 29. Kneža, pod zajemom (koordinati: 411086, 116220)	93
Slika 30. Kneža, pod zajemom in pritoku (koordinati: 410224, 114760)	94
Slika 31. Cerknica, pod zajemom (koordinati: 425419, 111768).....	95
Slika 32. Cerknica, pod izpustom (koordinati: 422911, 110348).....	96
Slika 33. Oplotnica, pod zajemom (koordinati: 534336, 140459)	97
Slika 34. Oplotnica, pod zajemom in pred zajemom (koordinati: 533597, 142180).....	98
Slika 35. Suhodolnica, pod zajemom (koordinati: 504986, 146113).....	99
Slika 36. Suhodolnica, pod izpustom in pred zajemom (koordinati: 503017, 146529)	100
Slika 37. Vzorčna mesta (oranžni krogci) s podatki bioloških elementov kakovosti. S svetlo modro je označena ekoregija Alpe.	101
Slika 38. Razporeditev števila vzorcev posameznih bioloških elementov zbranega (vsi) in v analizah uporabljenega (uporabljeni) seta podatkov.	102
Slika 39. Mostnica, hidrometrična meritev na odseku VM02.....	111
Slika 40. Mostnica, hidrometrična meritev na odseku VM01 in hidrometrična meritev na mlinščici Mostnice	111
Slika 41. Mostnica, hidrometrična meritev na vodomerni postaji Stara Fužina II	112
Slika 42. Mostnica, hidrometrična meritev na vodomerni postaji Ukanc	112
Slika 43. Bistrica, hidrometrična meritev pod vodomerno postajo Bistrica	113
Slika 44. Lokacije vodomernih postaj in upoštevana njihova prispevna območja do vodomernih postaj.	115
Slika 45. Lokacije simultanih hidrometričnih meritev na vzorčnih mestih (VM01 in VM02) in vodomernih postajah.	116
Slika 46. Suhodolnica, hidrometrična meritev na odseku VM10	117



Slika 47. Suhadolnica, hidrometrična meritev na odseku VM09 (pod odvzemom za MHE in na mlinščici Suhadolnice)	117
Slika 48. Suhadolnica, hidrometrična meritev na odseku vodomerne postaje Podgorje	118
Slika 49. Suhadolnica, hidrometrična meritev na odseku vodomerne postaje Stari Trg I	118
Slika 50. Lokacije in prispevna območja do vodomernih postaj	120
Slika 51. Lokacije simultanih hidrometričnih meritev, vzorčnih mest (VM09 in VM10) in vodomernih postaj.	121
Slika 52. Cerknica, hidrometrična meritev na odseku VM05 (pod Cernico)	122
Slika 53. Cerknica, hidrometrična meritev na odseku VM06	122
Slika 54. Črna, hidrometrična meritev nad zajemom za malo hidroelektrarno (A1)	123
Slika 55. Cernica, hidrometrična meritev nad sotočjem s Črno (A2)	123
Slika 56. Cerknica, hidrometrična meritev na odseku vodomerne postaje Cerkno III	124
Slika 57. Cerknica, hidrometrična meritev na odseku vodomerne postaje Cerkno	124
Slika 58. Lokacije in prispevna območja do vodomernih postaj	126
Slika 59. Lokacije simultanih hidrometričnih meritev, vzorčnih mest (VM05 in VM06) in vodomernih postaj.	127
Slika 60. Shema modela izračuna hidroloških parametrov za VM in primer izračuna za VM13.....	128
Slika 61. Lokacije obravnavanih vzorčnih mest	129
Slika 62. Število obravnavanih vzorčnih mest glede na leto vzorčenja	129
Slika 63. Shematski prikaz položaja vzorčnega mesta in mesta odvzema vode za določitev faktorjev za Qes.	143
Slika 64. Izbrano vzorčno mesto na Mostnici v Stari Fužini (MtSF0715)	145
Slika 65. Izbrano vzorčno mesto na Mostnici v Obli gorici (MtOG0715).....	145
Slika 66. Izbrano vzorčno mesto na Kneži v Lojah (KnLo0715)	146
Slika 67. Izbrano vzorčno mesto na Kneži v Policah (KnPo0715).....	146
Slika 68. Izbrano vzorčno mesto na Cerknici pri Franji (CeFr0715).....	146
Slika 69. Izbrano vzorčno mesto na Cerknici pri Magajni (CeMa0715)	147
Slika 70. Izbrano vzorčno mesto na Oplotnici v Oplotnici (OpOp0715)	147
Slika 71. Izbrano vzorčno mesto na Oplotnici pri Cezlaku (OpCe0715)	147
Slika 72. Izbrano vzorčno mesto na Suhadolnici pri Smrčunu (SdSm0715)	148
Slika 73. Izbrano vzorčno mesto na Suhadolnici pri Hermanu (SdHe0715).....	148
Slika 74. Območja vrednotenja morfoloških lastnosti reke	151
Slika 75. Del popisnega odseka za RHS.....	151
Slika 76. Shematski prikaz potrebnih podatkov za izračun indeksa hidrološke spremenjenosti (HLM) na odseku pod pregrado (1) in odseku znotraj zaježitve (2). di - oddaljenost od pregrade, il - dolžina	



zaježitve, ul - oddaljenost gorvodno od pregrade; VPP – velikostni razred prispevnega območja; mc – glavna struga, t – pritok, imp – zaježitev.	154
Slika 77. Izmerjene vrednosti petnajstih fizikalno-kemijskih parametrov na desetih vzorčnih mestih. Za razlago kode mesta in datume vzorčenj glej preglednico 23.	170
Slika 78. Izmerjene vrednosti treh fizikalno-kemijskih parametrov na desetih vzorčnih mestih. Za razlago kode mesta in datume vzorčenj glej preglednico 23.	171
Slika 79. Elektroribolov z brodenjem	198
Slika 80. Kapelj (ZZRS, 2015).....	200
Slika 81. Dolžinsko frekvenčni histogram kaplja, potočne postrvi, lipana in šarenke v Mostnici na VM Stara Fužina.....	201
Slika 82. Dolžinsko frekvenčni histogram kaplja in potočne postrvi v Mostnici na VM Obla gorica	202
Slika 83. Soška postrv (ZZRS, 2015)	204
Slika 84. Dolžinsko frekvenčni histogram križanca in soške postrvi v Kneži na VM Loje.....	204
Slika 85. Dolžinsko frekvenčni histogram kaplja in soške postrvi v Kneži na VM Polica.....	205
Slika 86. Križanec med soško in potočno postrvjo (ZZRS, 2015)	207
Slika 87. Dolžinsko frekvenčni histogram soške postrvi, križanca med soško in potočno postrvjo, šarenke in potočne postrvi v Cerknici na VM Franja	207
Slika 88. Dolžinsko frekvenčni histogram soške postrvi in šarenke v Cerknici na VM Magajne	208
Slika 89. Potočna postrv (ZZRS, 2015)	209
Slika 90. Dolžinsko frekvenčni histogram potočne postrvi v Oplotnici na VM Oplotnica (levo) in v Oplotnici na VM Cezlak (desno)	209
Slika 91. Potočna postrv (ZZRS, 2015)	211
Slika 92. Dolžinsko frekvenčni histogram potočne postrvi v Suhodolnici na VM Smrčun	211
Slika 93. Dolžinsko frekvenčni histogram kaplja in potočne postrvi v Suhodolnici na VM Herman	212
Slika 94. Skica neposrednega prispevnega območja (oranžno) in skupnega prispevnega območja (rumeno in orabžno) vzorčnega mesta (označeno z rdečo) na vodotoku (po Pavlin, 2012).	218
Slika 95. CCA biplot na podlagi CCA analize 109 vzorcev združbe bentoških nevretenčarjev in spremenljivk rabe tal v vodotokih Alp. Krogci predstavljajo vzorce bentoških nevretenčarjev. Okrajšave spremenljivk so v preglednici 64.....	221
Slika 96. Razporeditev vzorcev vzdolž gradienta rabe tal – LUAL.....	222
Slika 97. NMS diagrami na podlagi seta podatkov vseh vzorčnih mest za posamezne biološke elemente kakovosti in naslednje faktorje obremenitev: a – indeks hidromorfološke kakovosti in spremenjenosti, b – indeks rabe tal v Alpah, c – relativni odvzem, d – oddaljenost od spodnje pregrade; BN – bentoški nevretenčarji, FB – fitobentos.	228
Slika 98. NMS diagrami na podlagi seta podatkov odvzemov in dobrih vzorčnih mest za posamezne biološke elemente kakovosti in naslednje faktorje obremenitev: a – indeks hidromorfološke kakovosti in spremenjenosti, b – indeks rabe tal v Alpah, c – relativni odvzem, d – oddaljenost od spodnje pregrade; BN – bentoški nevretenčarji, FB – fitobentos.....	229



- Slika 99. NMS diagrami na podlagi seta podatkov dobrih vzorčnih mest za posamezne biološke elemente kakovosti in naslednje faktorje obremenitev: a – indeks hidromorfološke kakovosti in spremenjenosti, b – indeks rabe tal v Alpah, c – relativni odvzem, d – oddaljenost od spodnje pregrade; BN – bentoški nevretenčarji, FB – fitobentos.....230
- Slika 100. Razporeditev vrednosti Spearmanovih korelacijskih koeficientov med posameznimi indeksi vrednotenja ekološkega stanja in izbranimi okoljskimi parametri za različne sete podatkov. S črkami so označene statistično značilno različne skupine po posameznem indeksu. Za razlago kod indeksov glej prilogo A, za razlago setov podatkov pa poglavje 7.2.....233
- Slika 101. Razporeditev vrednosti Spearmanovih korelacijskih koeficientov med posameznimi indeksi vrednotenja ekološkega stanja in izbranimi hidrološkimi parametri za set podatkov vseh vzorčnih mest. S črkami so označene statistično značilno različne skupine. Za razlago kod indeksov glej prilogo A.234
- Slika 102. Razporeditev vrednosti Spearmanovih korelacijskih koeficientov med posameznimi indeksi vrednotenja ekološkega stanja in izbranimi hidromorfološkimi parametri za set podatkov vseh vzorčnih mest. S črkami so označene statistično značilno različne skupine. Za razlago kod indeksov glej prilogo A.234
- Slika 103. Razporeditev vrednosti Spearmanovih korelacijskih koeficientov med posameznimi indeksi vrednotenja ekološkega stanja in izbranimi parametri rabe tal za set podatkov vseh vzorčnih mest. S črkami so označene statistično značilno različne skupine. Za razlago kod indeksov glej prilogo A.235
- Slika 104. Povezava med relativnim povprečnim trenutnim odvzedom (LOD/sQnp) in ekološkim stanjem oz. vrednostmi REK na podlagi indeksa SIFAIR (ribe) in indeksa SMEIH (bentoški nevretenčarji - BN).236
- Slika 105. Povezava med relativnim povprečnim trenutnim odvzedom (LOD/sQnp) in vrednostmi REK-HM z označenim intervalom zaupanja regresijske krivulje in REK-HM vrednostjo 0,6; BN – bentoški nevretenčarji.....237
- Slika 106. Povezava med faktorjem »f« iz Qes in ekološkim stanjem (vrednostmi REK-HM) z označenim intervalom zaupanja regresijske krivulje in REK-HM vrednostjo 0,6.238
- Slika 107. Povezava med ekološkim stanjem – vrednosti REK-HM in vrednostmi REK-HM izračunane na podlagi modela z uporabo relativnega povprečnega trenutnega odvzema (LOD/sQnp). Ločeno so prikazani rezultati za kalibracijski in validacijski set podatkov.....240
- Slika 108. Povezava med ekološkim stanjem-vrednosti REK-HM in vrednostmi REK-HM izračunane na podlagi modela z uporabo relativnega maksimalnega povprečnega odvzema (TOD/sQnp). Ločeno so prikazani rezultati za kalibracijski in validacijski set podatkov.....241
- Slika 109. Povezava med oddaljenostjo od spodnje pregrade in vrednostmi indeksa vrednotenja ekološkega stanja na podlagi rib (SIFAIR) z regresijsko krivuljo.....245
- Slika 110. Povezava med oddaljenostjo od spodnje pregrade in vrednostmi indeksa vrednotenja ekološkega stanja na podlagi rib (SIFAIR) z narisano saturacijsko krivuljo in vrednostjo indeksa SIFAIR = 0,6.....246
- Slika 111. Hidrološki parametri predloga dopolnitve Uredbe o Qes. LOD – povprečni trenutni odvzem, TOD – maksimalni trenutni odvzem, sQnp – srednji mali pretok, f – faktor f.248



KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1. Odziv združbe fitobentosa na spremenjen vodni režim v vodotokih (prilagojeno po Smolar-Žvanut in Krivograd Klemenčič, 2013)	30
Preglednica 2. Smernice za vrednosti za dobro ekološko stanje v Avstrijski Uredbi (BGBl.II Nr. 99/2010).	67
Preglednica 3. Zakonodaja, predpisi in smernice o Qes v državah članicah EU.	69
Preglednica 4. Seznam obravnavanih ekoloških tipov vodotokov s pripadajočo bioregijo ter skupno dolžino odsekov.....	80
Preglednica 5. Seznam potencialnih mHE z nadaljnimi kriteriji izbora; VP – ocena primernosti vodomerne postaje, HM – ocena primernosti odseka glede na ekomorfološko kategorizacijo	82
Preglednica 6. Pojasnilo razredov ocene primernosti odseka glede na morfološke obremenitve	85
Preglednica 7. Seznam vzorčnih mest s koordinatami, pripadnostjo bioregiji in položajem upoštevajoč spremembo količine vode v strugi zaradi mHE (hidrološko) in prečnega objekta zaradi mHE (prečni objekt).....	88
Preglednica 8. Uporabljene okrajšave in pojmi, ter njihov pomen	106
Preglednica 9. Lokacije izbranih vzorčnih mest. VM – vzorčno mesto, MHE – mala hidroelektrarna, F – velikost prispevnega območja.....	109
Preglednica 10. Vodomerne postaje in faktorji uporabljeni za določitev hidroloških parametrov na vzorčnih mestih (VM).....	109
Preglednica 11. Lokacije (koordinate GK _y in GK _x) in nekateri hidrološki parametri uporabljenih vodomernih postaj (v.p.) za določitev hidroloških parametrov na vzorčnih mestih (VM). Za pojasnila kod hidroloških parametrov glej preglednico 9. F – velikost prispevnega območja.....	110
Preglednica 12. Opis lokacije in rezultatov simultane hidrometrične meritve (HM) dne 20.2.2015. v.p. – vodomerna postaja, F – velikost prispevnega območja, MHE – mala hidroelektrarna.....	113
Preglednica 13. Faktorji za določitev pretokov Mostnice na lokaciji VM01 in VM02. v.p. – vodomerna postaja, F – velikost prispevnega območja, MHE – mala hidroelektrarna	114
Preglednica 14. Opis lokacije in rezultatov simultane hidrometrične meritve (HM) dne 12.3.2015. v.p. – vodomerna postaja, F – velikost prispevnega območja, MHE – mala hidroelektrarna.....	119
Preglednica 15. Faktorji za določitev pretokov Suhadolnice na lokaciji VM10 in VM09. v.p. – vodomerna postaja, F – velikost prispevnega območja, MHE – mala hidroelektrarna.....	120
Preglednica 16. Opis lokacije in rezultatov simultane hidrometrične meritve 19.3.2015.	125
Preglednica 17. Faktorji za določitev pretokov Cerknice na lokaciji VM05 in VM06. v.p. – vodomerna postaja, F – velikost prispevnega območja.	126
Preglednica 18. Obravnavana vzorčna mesta (VM) s koordinatami (GK _y , GK _x) in letom vzorčenja. ..	130
Preglednica 19. Izbrani hidrološki parametri in lokacije vseh uporabljenih vodomernih postaj (v.p.) za določitev hidroloških parametrov. F – velikost prispevnega območja. Za razlago kod hidroloških parametrov glej preglednico 1.....	132
Preglednica 20. Seznam hidroloških parametrov z vrednostmi za pet izbranih vzorčnih mest. v.p. – vodomerna postaja, F – velikost prispevnega območja.....	135



Preglednica 21. Parametra na podlagi podatkov o odvzemih	137
Preglednica 22. Seznam parametrov relativnih vrednosti odvzemov.	138
Preglednica 23. Datumi popisov hidromorfoloških elementov kakovosti, vzorčenja vode za analize fizikalno-kemijskih elementov kakovosti in vzorčenj bioloških elementov kakovosti na desetih vzorčnih mestih (VM) izbranih vodotokov. HM - hidromorfološki, BN - bentoški nevretenčarji, FB – fitobentos, X – Gauss-Krüger koordinata X, Y – Gauss-Krüger koordinata Y.	149
Preglednica 24. Skupine spremenljivk in spremenljivke za vrednotenje morfoloških značilnosti delov popisnega odseka.....	152
Preglednica 25. Opis treh velikostnih razredov zaježitve z zgornjo in spodnjo mejo (ub, lb) indeksa hidrološke spremenjenosti (HLM)	155
Preglednica 26. Dolžina zaježitev v velikostnem razredu »velika« glede na velikostni razred vodotoka.	155
Preglednica 27. Sistem razvrščanja indeksa hidrološke spremenjenosti (HLM) za tri velikostne razrede zaježitve s spodnjo in zgornjo mejo razpona HLM (lb, ub) glede na velikostni razred oddaljenosti od pregrade.....	156
Preglednica 28. Izračun uteži za morfološki (w) in hidrološki del (1-w) indeksa hidromorfološke kakovosti in spremenjenosti (HQM) glede na razliko razredov med morfološkim delom (M) in hidrološkim delom (H).	157
Preglednica 29. Morfološke lastnosti popisnih odsekov vzorčnih mest na vodotoku Mostnica	158
Preglednica 30. Morfološke lastnosti popisnih odsekov vzorčnih mest na vodotoku Oplotnica	159
Preglednica 31. Morfološke lastnosti popisnih odsekov vzorčnih mest na vodotoku Suhodolnica	160
Preglednica 32. Morfološke lastnosti popisnih odsekov vzorčnih mest na vodotoku Cerknica.....	161
Preglednica 33. Morfološke lastnosti popisnih odsekov vzorčnih mest na vodotoku Kneža	162
Preglednica 34. Vsota, minimum, maksimum in mediana izračunanih vrednosti popisanih lastnosti po sistemu SIHM za vse popisane odseke	163
Preglednica 35. Pregled vrednosti izračunanih hidromorfoloških indeksov ter ekoloških tipov rek za popisane odseke (nor – normalizirana vrednost indeksa)	164
Preglednica 36. Merjeni fizikalno-kemijski parametri in uporabljene analitske metode. SFM – spektrofotometrija. LOD – spodnja meja zaznavnosti.....	166
Preglednica 37. Vrednosti izbranih fizikalno-kemijskih parametrov vode, izmerjenih ob vzorčenju bioloških elementov. VM – vzorčno mesto, BN – bentoški nevretenčarji, FB – fitobentos. T – temperatura vode, O2-n – nasičenost vode s kisikom, O2-k – koncentracija v vodi raztopljenega kisika, Prev. – elektoprevodnost.	168
Preglednica 38. Indeksi za vrednotenje ekološkega stanja obravnavanih vodotokov na podlagi bentoških nevretenčarjev glede na tip obremenitve in ekološki tip vodotoka.	173
Preglednica 39. Za ekološki tip vodotoka značilne metrike indeksov SMEIH za obravnavane vodotoke.	175
Preglednica 40. Pojasnilo metrik uporabljenih indeksov SMEIH.....	175
Preglednica 41. Mejne vrednosti razredov ekološkega stanja na podlagi bentoških nevretenčarjev...176	



Preglednica 42. Taksonomska sestava in številčnost (število osebkov/0,3125 m ²) taksonov bentoških nevretenčarjev na vzorčnih mestih reke Mostnice. VM – vzorčno mesto	176
Preglednica 43. Taksonomska sestava in številčnost (število osebkov/0,3125 m ²) taksonov bentoških nevretenčarjev na vzorčnih mestih reke Kneže (7.7.2015). VM – vzorčno mesto.....	179
Preglednica 44. Seznam in številčnost (število osebkov/0,3125 m ²) taksonov bentoških nevretenčarjev na vzorčnih mestih reke Kneže (10.8.2015). VM – vzorčno mesto.....	180
Preglednica 45. Taksonomska sestava in številčnost (število osebkov/0,3125 m ²) taksonov bentoških nevretenčarjev na vzorčnih mestih reke Cerknice. VM – vzorčno mesto.....	181
Preglednica 46. Taksonomska sestava in številčnost (število osebkov/0,3125 m ²) taksonov bentoških nevretenčarjev na vzorčnih mestih reke Oplotnice. VM – vzorčno mesto	183
Preglednica 47. Taksonomska sestava in številčnost (število osebkov/0,3125 m ²) taksonov bentoških nevretenčarjev na vzorčnih mestih reke Suhodolnice. VM – vzorčno mesto	184
Preglednica 48. Enačbe za izračun normaliziranih in transformiranih vrednoti TI za izbrana vzorčna mesta glede na kodo vzorčnega mesta (VM) in ekotip.....	189
Preglednica 49. Meje vrednosti razredov kakovosti ekološkega stanja po modulu trofičnost in saprobnost na podlagi fitobentosa.	190
Preglednica 50. Enačbe za izračun normaliziranih in transformiranih vrednoti SI za izbrana vzorčna mesta glede na kodo vzorčnega mesta (VM) in ekotip.....	191
Preglednica 51. Seznam in številčnost taksonov fitobentosa na 500 prešteti lupinic; VM – vzorčno mesto. Vrednost 0,01 označuje prisotnost taksona.	192
Preglednica 52. Ocena skupne abundance in ocene abundance posameznih vrst rib na vzorčnih mestih vodotoka Mostnica (1 – Stara Fužina; 2 – Obla gorica)	200
Preglednica 53. Ocena skupne biomase in ocene biomase posameznih vrst rib na vzorčnih mestih vodotoka Mostnica (1 – Stara Fužina; 2 – Obla gorica)	201
Preglednica 54. Ocena skupne abundance in ocene abundance posameznih vrst rib na vzorčnih mestih vodotoka Kneža (3 – Loje; 4 – Polica); sp x pp – soška postrv x potočna postrv	203
Preglednica 55. Ocena skupne biomase in ocene biomase posameznih vrst rib na vzorčnih mestih vodotoka Kneža (3 – Loje; 4 – Polica).....	203
Preglednica 56. Ocena skupne abundance in ocene abundance posameznih vrst rib na vzorčnih mestih vodotoka Cerknica (5 – Franja; 6 – Magajne); kl x št – klen x štrkavec; sp x pp – soška postrv x potočna postrv	206
Preglednica 57. Ocena skupne biomase in ocene biomase posameznih vrst rib na vzorčnih mestih vodotoka Cerknica (5 – Franja; 6 – Magajne)	206
Preglednica 58. Ocena skupne abundance in ocene abundance posameznih vrst rib na vzorčnih mestih vodotoka Oplotnica (7 – Oplotnica; 8 – Cezlak)	208
Preglednica 59. Ocena skupne biomase in ocene biomase posameznih vrst rib na vzorčnih mestih vodotoka Oplotnica (7 – Oplotnica; 8 – Cezlak)	209
Preglednica 60. Ocena skupne abundance in ocene abundance posameznih vrst rib na vzorčnih mestih vodotoka Suhodolnica (9 – Smrčun; 8 – Herman).....	210



Preglednica 61. Ocena skupne biomase in ocene biomase posameznih vrst rib na vzorčnih mestih vodotoka Suhodolnica (9 – Smrčun; 10 – Herman)	210
Preglednica 62. Vrednosti razmerij ekološke kakovosti (REK) in ocene ekološkega stanja z biološkimi elementi kakovosti. VM – vzorčno mesto	214
Preglednica 63. Vrednosti deležev rabe tal na neposrednih in skupnih prispevnih površinah – Povp (povprečje), min – minimum, maks – maksimum za 109 mest vzorčenja bentoških nevretenčarjev. 218	
Preglednica 64. Rezultati CCA analize 109 vzorcev združbe bentoških nevretenčarjev in spremenljivk rabe tal v vodotokih Alp.	219
Preglednica 65. Variabilnost združbe bentoških nevretenčarjev, pojasna s posamezno okoljsko spremenljivko (λ_1) pred izbiranjem in po izbiranju (λ_a). LUAL – označene so z metodo izbiranja izbrane okoljske spremenljivke za izračun Indeksa rabe tal v Alpah.	219
Preglednica 66. Vrednosti spremenljivk rabe tal in indeksa LUAL za normalizacijo vrednosti.	220
Preglednica 67. Pregled razpona vrednosti po razredih za posamezne parametre obremenitve; pregrada – oddaljenost od spodnje pregrade	224
Preglednica 68. Razporeditev vzorcev posameznih bioloških elementov kakovosti (BEK) seta podatkov vseh vzorčnih mest po razredih posameznega faktorja obremenitve ter primerjava razporeditve vzorcev na podlagi Kolmogorov-Smirnov testa (Z, p). HQM – indeks hidromorfološke kakovosti in spremenjenosti, LUAL - indeks rabe tal v Alpah, pregrada – oddaljenost od spodnje pregrade; BN – bentoški nevretenčarji, FB - fitobentos.....	225
Preglednica 69. Razporeditev vzorcev posameznih bioloških elementov kakovosti (BEK) seta podatkov odvzemov in dobrih vzorčnih mest po razredih posameznega faktorja obremenitve ter primerjava razporeditve vzorcev na podlagi Kolmogorov-Smirnov testa (Z, p). HQM – indeks hidromorfološke kakovosti in spremenjenosti, LUAL - indeks rabe tal v Alpah, pregrada – oddaljenost od spodnje pregrade; BN – bentoški nevretenčarji, FB - fitobentos.	225
Preglednica 70. Razporeditev vzorcev posameznih bioloških elementov kakovosti (BEK) seta podatkov dobrih vzorčnih mest po razredih posameznega faktorja obremenitve ter primerjava razporeditve vzorcev na podlagi Kolmogorov-Smirnov testa (Z, p). HQM – indeks hidromorfološke kakovosti in spremenjenosti, LUAL - indeks rabe tal v Alpah, pregrada – oddaljenost od spodnje pregrade; BN – bentoški nevretenčarji, FB - fitobentos.....	226
Preglednica 71. Rezultati analize Permanova (R^2 , N in P) posameznih faktorjev obremenitev za posamezne biološke elemente kakovosti (BEK) za različne sete podatkov. BN – bentoški nevretenčarji; HQM – indeks hidromorfološke kakovosti in spremenjenosti, LUAL - indeks rabe tal v Alpah, pregrada – oddaljenost od spodnje pregrade; odebeleno so označeni statistično značilni P ($P < 0,05$).	227
Preglednica 72. Seznam izbranih parametrov s pripadajočo skupino in kodo.	232
Preglednica 73. Parametri modela za ekološko stanje (REK-HM) z relativnim povprečnim trenutnim odvzemom (LOD/sQnp) na podlagi multiple regresije, vrednosti koeficientov s standardno napako, vrednost testa (t), njihova statistična značilnost (p) in pojasnjena variabilnost (R^2)	239
Preglednica 74. Parametri modela za ekološko stanje (REK-HM) z relativnim maksimalnim trenutnim odvzemom (TOD/sQnp) na podlagi multiple regresije, vrednosti koeficientov s standardno napako, vrednost testa (t), njihova statistična značilnost (p) in pojasnjena variabilnost (R^2).	240
Preglednica 75. Teoretične vrednosti relativnega povprečnega trenutnega odvzema (LOD/sQnp) pri izbranih vrednostih indeksov hidromorfološke kakovosti in spremenjenosti (HQM) in rabe tal v Alpah (LUAL) pri vrednosti ekološkega stanja – REK-HM = 0,6. Z rumeno barvo so označena polja, kjer je	



pričakovano zelo dobro ekološko stanje, z rdečo barvo so označena polja, kjer dobro ekološko stanje ni pričakovano.....243

Preglednica 76. Teoretične vrednosti relativnega povprečnega trenutnega odvzema (LOD/sQnp) pri izbranih vrednostih indeksov hidromorfološke kakovosti in spremenjenosti (HQM) in rabe tal v Alpah (LUAL) pri vrednosti ekološkega stanja – REK-HM = 0,8. Z rdečo barvo so označena polja, kjer zelo dobro ekološko stanje ni pričakovano.243

Preglednica 77. Teoretične vrednosti relativnega maksimalnega trenutnega odvzema (TOD/sQnp) pri izbranih vrednostih indeksov hidromorfološke kakovosti in spremenjenosti (HQM) in rabe tal v Alpah (LUAL) pri vrednosti ekološkega stanja – REK-HM = 0,6. Z rumeno barvo so označena polja, kjer je pričakovano zelo dobro ekološko stanje, z rdečo barvo so označena polja, kjer dobro ekološko stanje ni pričakovano.....244

Preglednica 78. Teoretične vrednosti relativnega maksimalnega trenutnega odvzema (TOD/sQnp) pri izbranih vrednostih indeksov hidromorfološke kakovosti in spremenjenosti (HQM) in rabe tal v Alpah (LUAL) pri vrednosti ekološkega stanja – REK-HM = 0,8. Z rdečo barvo so označena polja, kjer zelo dobro ekološko stanje ni pričakovano.244



1 UVOD

Na osnovi 71. člena Zakona o vodah (Ur. L. RS 67/2002) je Vlada Republike Slovenije izdala Uredbo o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka (ur.l.RS št. 97/2009) (v nadaljevanju Uredba o Qes), ki določa kriterije, način spremljanja in poročanja o ekološko sprejemljivem pretoku vode (Qes). V primeru podeljevanja vodnih pravic je treba določiti Qes v vseh primerih posebne rabe površinskih voda, ki lahko povzroči zmanjšanje pretoka vode, znižanje gladine vode ali poslabšanje stanja voda.

Vrednost Qes se določa na 2 načina:

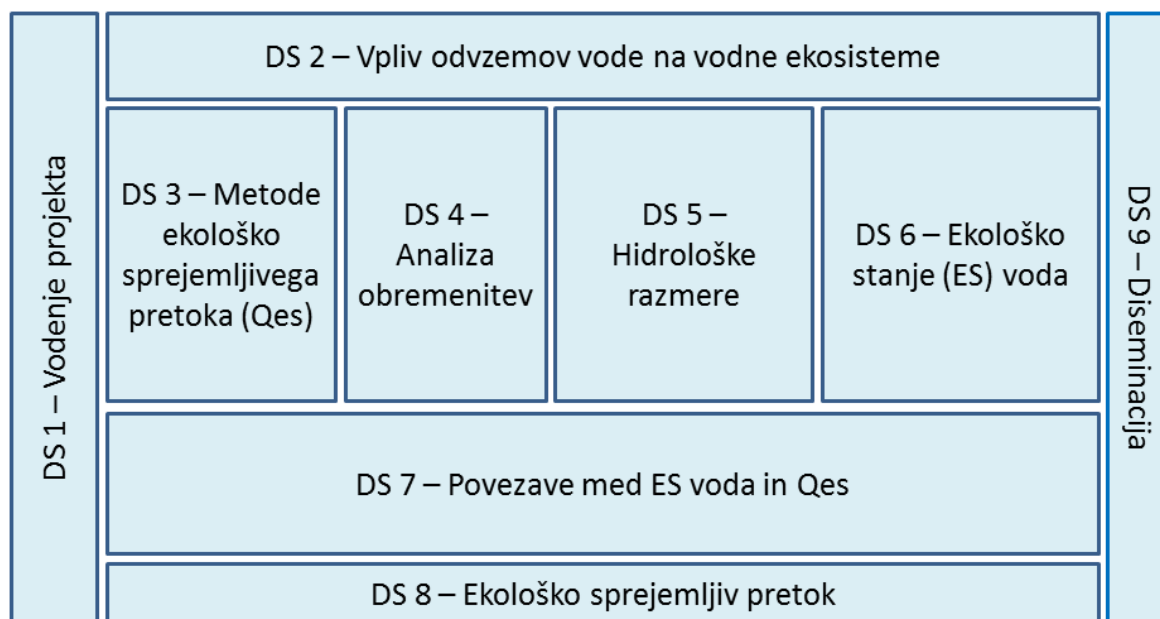
1. V skladu s 7. členom Uredbe o Qes se določa vrednost Qes na osnovi hidroloških izhodišč (vrednosti srednjega malega pretoka sQ_{np} in srednjega pretoka sQ_{sp} na mestu odvzema).
2. V skladu z 8. členom Uredbe o Qes se določa vrednost Qes na osnovi značilnosti odvzema vode, hidroloških, hidromorfoloških in bioloških značilnosti vodotoka.

Vrednost Qes, določena na podlagi 7. ali 8. člena Uredbe o Qes, se lahko spremeni na vrednost iz mnenja o vplivu posega na stanje rib v skladu s predpisi, ki urejajo sladkovodno ribištvo, in na vrednost iz pogojev rabe, ki izhajajo iz naravovarstvenih usmeritev ali smernic po predpisih o ohranjanju narave. V 8. členu Uredbe o Qes, v primeru določanja Qes na podlagi študije, ki jo predloži pobudnik, se pri določanju Qes upošteva elemente kakovosti voda, vendar ne po metodologijah, ki jih v Sloveniji uporabljamo za vrednotenje ekološkega stanja v skladu z Vodno direktivo (Direktiva 2000/60/ES). Pri določanju Qes skladno s 7. in 17. členom Uredbe o Qes elementi kakovosti voda sploh niso upoštevani. Pri izračunu Qes skladno s 7. členom Uredbe o Qes na podlagi hidroloških izhodišč so v Prilogi 1 Uredbe o Qes podane vrednosti faktorjev f za izračun Qes. Prav tako so za obstoječe podeljene vodne pravice v 17. členu podane spodnje meje faktorjev f , vendar ni podatkov, ali so te vrednosti faktorjev f ustrezne za doseganje ciljev v skladu z Zakonom o vodah (Ur. L. RS 67/2002), to je doseganje dobrega stanja voda; kemijskega in ekološkega. Spremembe v hidromorfoloških značilnostih vodotokov (spremenjene morfološke in hidrološke značilnosti in prekinjena vzdolžna povezanost) vključno z odvzemanjem vode vplivajo na ekološko stanje voda in so ena ključnih vzrokov za nedoseganje ciljev Vodne direktive v Evropi. Z metodami vrednotenja ekološkega stanja rek v Sloveniji (Uradni list 14/2009) naslavljamo vplive različnih obremenitev: obremenitve z organskimi snovmi, eutrofikacije in hidromorfološke spremenjenosti, torej tudi spremenjenih hidroloških značilnosti. Dobro ekološko stanje voda je definirano kot stanje z majhnimi odstopanji v združbah organizmov od naravnih (referenčnih) razmer zaradi človekovega delovanja. Za doseganje ciljev Vodne direktive in Zakona o vodah, je treba vrednosti faktorjev f za izračun Qes uskladiti z mejnimi vrednostmi za dobro ekološko stanje voda, ki so bile interkalibrirane na ravni Evropske unije. Skladno z Uredbo o Qes se vrednosti faktorjev f prvič preverijo najpozneje do konca leta 2014 in nato na vsakih 6 let. Ekološko sprejemljiv pretok je v primerih, kjer prihaja do hidromorfoloških sprememb vključno z odvzemi vode iz vodotokov, eden izmed najpomembnejših ukrepov za izboljšanje stanja voda. Namen raziskave je:



- a) ugotoviti, ali kriteriji za ekološko sprejemljiv pretok zagotavljajo doseganje dobrega ekološkega stanja malih vodotokov v hidroekoregiji Alpe v skladu z vodno direktivo;
- b) preveriti vrednosti faktorjev »f« za določitev Qes ter podati oceno o ustreznosti faktorjev z vidika doseganja ciljev vodne direktive;
- c) pripraviti predlog dopolnitev metodologije za določanje ekološko sprejemljivega pretoka v Sloveniji.

Raziskovalni projekt je organiziran v devet delovnih svežnjev (DS) (slika 1). V delnem poročilu predstavljamo vsebine za delovne svežnje 2,3 in 4.



Slika . Organizacija raziskovalnega projekta.



2 VPLIV OBREMENITEV NA VODNE EKOSISTEME

Obremenitve na površinske vode spreminjajo fizikalne, kemijske in fizične lastnosti vodnih in obvodnih habitatov ter tako zgradbo in delovanje združb vodnih organizmov. Glede na njihovo delovanje jih lahko ločimo v dve širši skupini:

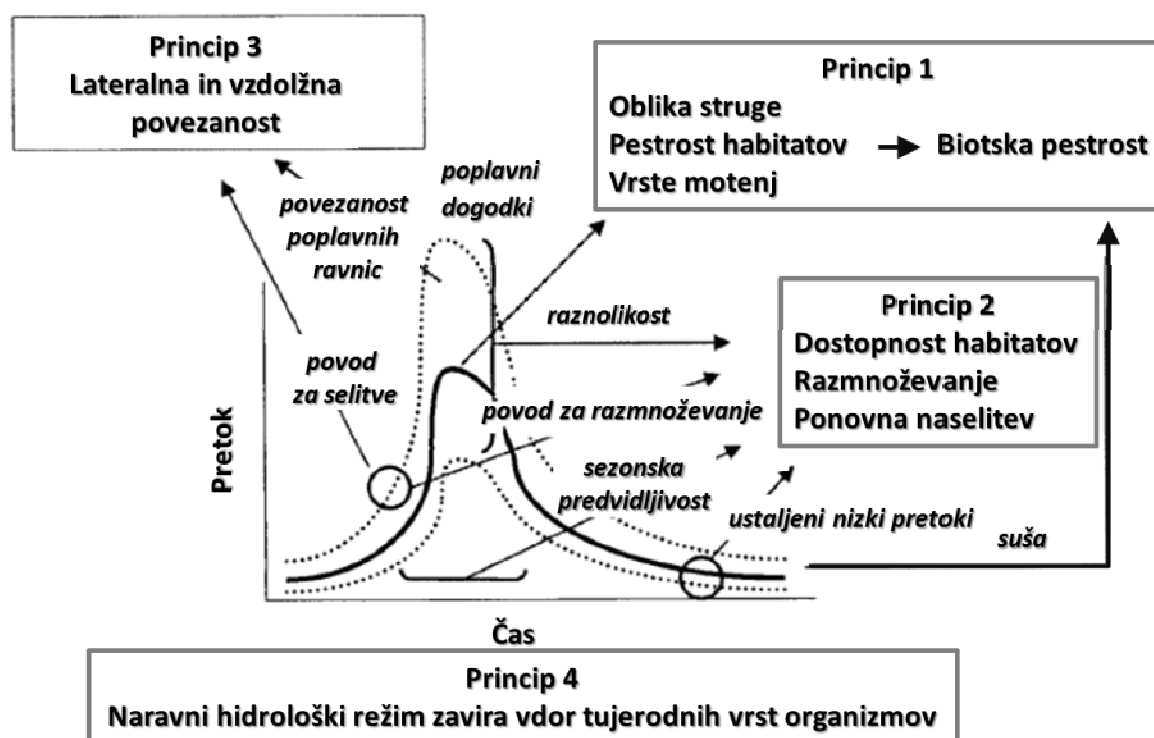
- a) obremenjevanje z organskimi snovmi, s hranili in toksičnimi snovmi,
- b) spreminjanje hidromorfoloških značilnosti vodnih teles površinskih voda.

Obremenjevanje z organskimi snovmi vodi v pospešeno razgradnjo, kar ima lahko za posledico zmanjšanje in celo pomanjkanje raztopljenega kisika v vodi. Zaradi povečanega vnosa organskih snovi se spremeni zgradba združb vodnih organizmov, poveča se številčnost mikroorganizmov, razvije se t.i. sewage fungus, spremeni se tudi zgradba in funkcija primarnih producentov, bentoških nevretenčarjev in rib (Hynes, 1960). Povečan vnos hranil ter njihovega privzema v vodi vodi v večjo produktivnost vodnih ekosistemov. Poveča se primarna produkcija alg, makrofitov in bakterij, v primeru večje osvetljenosti se lahko pojavi tudi večja količina nitastih alg ter cvetenje. Poleg tega se spremeni tudi vrstna sestava in produktivnost gliv, zaradi spremembe virov in habitatov v vodotoku pa tudi zgradba in delovanje združb bentoških nevretenčarjev in rib (Allan, 2004; Pavlin, 2012). Vnos hranil in toksičnih snovi tudi zaradi strupenosti spreminjajo zgradbo in delovanje združb vodnih organizmov.

Spremembe hidromorfoloških značilnosti neposredno zajemajo odvzeme in izpuste vode, izgradnje prečnih objektov, spremembe zgradbe substrata struge ali bregov, odvzeme naplavin, odstranjevanje obrežne vegetacije ter spreminjanje poteka same struge. Odvzemi vode vplivajo na naravno dinamiko količin in hitrosti vodnega toka, premeščanje plavja in plavin ter povezavo med površinsko in podzemno vodo. Tako se posredno spremenijo morfološke razmere v vodnih telesih, rast obrežne vegetacije, temperaturna nihanja ter koncentracije hranil v vodi. Spremembe morfoloških značilnosti vodotokov v grobem zajemajo spremembo naravnega poteka struge, ločitev poplavnih ravnin od struge s protipoplavnimi nasipi ali visokovodnimi zidovi, poglobljanje, odstranjevanje obrežne vegetacije ter utrjevanje. S temi spremembami se zmanjšuje povezava med vodotokom in prispevnim območjem ter s tem možnost odlaganja materiala vodotokov na poplavne ravnote in vnos snovi iz poplavnih ravnin v vodotoke, spreminja se hidrološki režim; zmanjšuje zadrževalni čas vode v strugi ter povečuje hitrost vodnega toka. Izgradnja prečnih objektov v različne namene spremeni tako hidrološke kot tudi morfološke razmere v vodotoku ter predstavlja oviro za širjenje vodnih in obvodnih organizmov. Pri prečnih objektih, ki povzročijo večje zaježitve, gorvodno prihaja do povečanega usedanja sedimentov ter zamuljanja rečnega dna zaradi upočasnitve vodnega toka, dolvodno pa do izpiranja ter poglobljanja rečnega dna zaradi pulzirajočih pretokov. Vse omenjene spremembe vodijo v zmanjšanje površine in pestrosti habitatov, poleg tega pa preprečitev selitev vodnih organizmov, zaradi česar se spremeni razporeditev ter zgradba in delovanje združb vodnih in obvodnih organizmov (Jalon in sod., 2013).

2.1 Vpliv hidroloških obremenitev na vodne ekosisteme

Naravni hidrološki režim rečnega sistema določajo klimatski, topografski in geološki dejavniki ter pokrovnost vegetacije v prispevnem območju (Poff in sod., 1997). Posledica hidrološkega režima, ki deluje v več prostorskih in časovnih dimenzijah (Slika 2; Bunn in Arthington, 2002), je mozaik habitatov ter združb vodnih in obvodnih organizmov (Poff in sod., 1997). Visoki vodostaji določajo obliko in velikost struge ter njeno dinamiko ter tako pestrost in vrste motenj habitatov. Nizki pretoki ali sušni dogodki omejujejo dostopnost habitatov. Na strukturo združb vodnih in obvodnih organizmov vpliva več parametrov hidrološkega režima, pomembna sta tako predvidljivost kot tudi pojavljanje ekstremnih dogodkov. Visoke vode ali poplavni dogodki sprožijo selitve organizmov vzdolž vodnega toka ter omogočijo dostop do sicer slabše povezanih habitatov na poplavnih ravnicah.



Slika . Posledice naravnega hidrološkega režima reke na združbe vodnih in obvodnih ekosistemov (prirejeno po Bunn in Arthington, 2002).

S povečevanjem števila in raznolikosti človekovih dejavnosti se povečujejo tudi hidromorfološke obremenitve v vodnih ekosistemih (Poff in sod., 1997; Lloyd in sod., 2003; Poff in Zimmerman, 2010; Jalon in sod., 2013). Zaradi potreb po hidroenergiji, povečanja poplavne varnosti, odvzemov vode za pitje, namakanje in ribogojstvo ter drugih antropogenih dejavnikov se gradijo pregrade, za katerimi se vodo odvzema in/ali zadržuje v



obliki zajezev. Regulacije vodnega toka močno spremenijo količino in dinamiko vodnega toka ter tako vplivajo na morfološko dinamiko ter strukturo in funkcijo združb vodnih in obvodnih organizmov. Odvzemi vode ali zmanjšan pretok zaradi obratovalnega režima rabe zajezev dolvodno zmanjšajo količino vode v strugi ter s tem hitrost toka, globino vode in širino omočenega dela struge. Zaradi manjše količine vode so bolj izrazita temperaturna nihanja, ob hkratnem vnosu organskih snovi ali hranil pa hitreje pride do pomanjkanja v vodi raztopljenega kisika. Zaradi upočasnjene toka se poveča odlaganje drobnega sedimenta v strugi ter posledično prekine povezava s hiporeikom. Ob hkratnem pomanjkanju poplavnih dogodkov, se obrežna vegetacija razširi v strugo in jo zoži. Vsi dejavniki simultano vodijo v zmanjšanje površine in pestrosti habitatov, zaradi česar se spremeni razporeditev ter tako struktura in funkcija združb vodnih in obvodnih organizmov. Zaradi osušenosti struge ali zmanjšanja globine vode so preprečene ali otežene selitve bentoških nevretenčarjev in rib po toku navzgor in navzdol, kar prekine prehranjevalne verige in povezave med organizmi. Predvsem pri upravljanju s hidroelektrarnami se pojavljajo pulzirajoči pretoki, ki poleg nizkih vodostajev ob zadrževanju vode pomenijo tudi hitro nihanje pretokov in spreminjanje vodostaja ob obratovanju. Na tako raznolikost hidroloških razmer je prilagojenih le malo vrst organizmov. S cilji vodne direktive se je pri upravljanju voda izpostavila tudi problematika dovoljenih sprememb pretočnega režima reke pred nepovratno spremembo strukture in funkcije vodnega ekosistema ter o načinu upravljanja dnevnih in sezonskih pretokov ter poplavnih dogodkov, ki bi zadostil zahtevanim okoljskim ciljem.

Hidrološke obremenitve pogosto niso edine obremenitve v vodotokih. V primerih hkratnega delovanja več obremenitev na vodne ekosisteme je lahko povezava med hidrološkim režimom in spremembo letega ter združbami vodnih organizmov zamegljena. Vodni ekosistemi so namreč pogosto spremenjeni zaradi hkratnega delovanja več stresorjev (t.i. multipli stresorji; Heathwaite, 2010), ki delujejo v različnih prostorskih in časovnih dimenzijah in na različne tipe celinskih voda (Ormerod in sod., 2010). Stresorji, ki delujejo neposredno v vodotokih, so poleg spreminjanja hidrološkega režima zaradi prečnih objektov in odvzemov vode tudi spreminjanje hidromorfoloških značilnosti zaradi izravnav in poglobitev ter utrditev struge in bregov ter odstranjevanja obrežne vegetacije, in obremenjevanja vodotokov z organskimi snovmi, hranili in toksičnimi snovmi (Urbanič in Toman, 2003; Allan in Castillo, 2007; Heathwaite, 2010). Ciljnih raziskav o vplivih multiplih stresorjev na ekosisteme tekočih voda je razmeroma malo (Ormerod in sod., 2010). Avtorji pogosto ugotavljajo, da so vplivi različnih stresorjev na združbe vodnih organizmov podobni, vendar so bile okoljske spremenljivke za opis posameznih stresorjev pogosto medsebojno močno soodvisne, zato dejanskega vpliva posameznega stresorja ni mogoče ugotoviti (Allan, 2004; Feld in Hering, 2007; Friberg in sod., 2009). Pavlin in sod. (2011) so uporabili skupine spremenljivk stresorjev in ugotovili, da je med delovanjem skupin stresorjev na združbe bentoških nevretenčarjev v vodotokih Slovenije mogoče razlikovati. Različne združbe vodnih organizmov kot so npr. ribe in bentoški nevretenčarji se na stresorje lahko odzivajo različno, zato je stanje ekosistemov pomembno ovrednotiti na podlagi odzivov različnih združb vodnih organizmov (Johnson in Riegler, 2014).



2.2 Vpliv hidroloških obremenitev na fitobentos

Fitobentos je bistven sestavni del rečnih ekosistemov, saj zagotavlja večino primarne proizvodnje v vodotokih (McIntire, 1973; Apesteguia in Marta, 1979), predstavlja avtotrofno osnovo prehranjevalnih verig in je še posebej pomemben v reguliranih predelih rek, kjer je premeščanje plavin iz zgornjega dela struge moteno (Blinn in sod., 1998). Fitobentos igra pomembno vlogo tudi pri presnovi in odstranjevanju biorazgradljivega materiala v vodotokih (Lau in Liu, 1993) in s tem pripomore k njihovi večji samočistilni sposobnosti (Vymazal, 1988). Zaradi hitrega odziva na okoljske spremembe je združba fitobentosa tudi uporaben indikator kakovosti vode v vodotokih (Biggs, 1996a).

Za rast in razvoj fitobentosa je pomembnih veliko dejavnikov, npr. svetloba, temperatura, vrsta substrata, vodni tok/turbulenca, hitrost vodnega toka, pH, alkalnost, trdota, hranila in druge raztopljene snovi, slanost, kisik in ogljikov dioksid (Hynes, 1979). Večina teh dejavnikov je medsebojno povezanih, pri čemer sta hitrost vodnega toka in koncentracija hranil najpomembnejša dejavnika, ki vplivata na fitobentos v rekah (Stevenson, 1983; Reiter, 1986; Suren in Riis, 2010). Pod vplivom padavin ali človekovih aktivnosti se lahko ti dejavniki hitro spreminjajo. Posledično ima lahko biomasa fitobentosa veliko prostorsko in časovno raznolikost (Morin in Cattaneo, 1992). Sezonska nihanja v vrstni sestavi in biomasi fitobentosa so večinoma posledica sprememb abiotkega okolja med letom, medtem ko lahko na kratkoročne spremembe v vrstni sestavi in biomasi fitobentosa vplivajo spremenjeni hidravlični pogoji kot posledica poplav (McCormick in Stevenson, 1991) in umetno povzročeni pulzni pretoki (Fuller in sod., 2011). V malih vodotokih fizične sile v strugi še posebej pomembno vplivajo na razvoj in zgradbo združbe fitobentosa (Villeneuve in sod., 2010).

Fitobentos je prisoten v vseh rečnih habitatih, od tolmunov s stoječo vodo do slapov z visoko hitrostjo toka. Razlike v biomas in vrstni sestavi fitobentosa se lahko pojavijo med različnimi rečnimi habitat in odražajo prostorske razlike v strižni napetosti, prenosu hranil in tipu podlage (Biggs, 1996a). V rekah, ki so bogate s hranili, se visoka biomasa alg pogosto razvije v brzicah in tolmunih z nizko hitrostjo vodnega toka, kjer prevladujejo nitaste zelene alge. Medtem, ko se v rekah, ki so revne s hranili, najvišja biomasa alg razvije v brzicah s prevladujočimi kremenastimi algami (Biggs, 1996a).

Struktura in biomasa združbe fitobentosa je odvisna od značilnosti reke in njene ekologije. Spremembe vodnega režima (pogosto posledica človekovih aktivnosti), lahko povzročijo spremembe v strukturi in biomas združbe fitobentosa in s tem poslabšajo ekološko stanje vodnega telesa (nedoseganje dobrega ekološkega stanja). Spremembe v strukturi in biomas združbe fitobentosa zaradi spremenjenega vodnega režima lahko vplivajo tudi na višje trofične nivoje (Dewson in sod., 2007a; Suren in Riis, 2010), vključno z nevretenčarji in ribami, hkrati pa lahko povzročijo tudi spremembe v značilnostih habitatov (Suren in Riis, 2010). V rekah bogatih s hranili in stabilnim pretokom se lahko fitobentos razraste in povzroči evtrofikacijo ter probleme pri upravljanju z vodami (Smolar-Žvanut in Krivograd Klemenčič, 2013).



2.2.1 Vpliv na vrstni sestav in pogostost fitobentosa

Spremenjen vodni režim pod jezom se značilno kaže v spremembah združbe fitobentosa (Biggs, 2000) in lahko vpliva na vrstno sestavo in pogostost posameznih vrst (Martínez in sod., 2013) ter povzroči njihovo zmanjšanje ali povečanje (lahko ene vrste tudi nadomestijo druge). Regulacija vodotoka pa lahko zagotavlja tudi nove habitate in pogoje, primerne za vrste, ki se prej v tem vodotoku niso pojavljale (Gowns in Gowns, 2001). Suren in Riis (2010) ugotavljata, da daljši kot je čas nizkega vodostaja, več združb alg se bo spremenilo, hkrati pa se bo spremenila tudi kakovost habitata. To ima lahko znatne posledice za združbo bentoških nevretenčarjev in višje organizme. Vzorec sukcesije združbe fitobentosa, razvite kot rezultat nizkih pretokov, je tesno povezan tako s statusom obogatitve reke s hranili kot tudi z vplivom paše nevretenčarjev, ne pa toliko z majhnimi časovnimi in prostorskimi spremembami hidravličnega habitata v času nizkih pretokov (Suren in sod., 2003a). V vodotokih, ki so revni s hranili, zelene alge, kot so *Ulothrix zonata*, *Stigeoclonium* sp., *Spirogyra* sp. in cianobakterija *Phormidium* sp., pogosto tvorijo združbe z nizko biomaso. V vodotokih, ki so bogati s hranili, pa v združbah alg navadno prevladujejo velike nitaste alge, kot so *Cladophora glomerata* in *Rhizoclonium* sp., ki lahko dosežejo visoko biomaso (Biggs, 1996a). Habitati s prevladujočimi nitastimi zelenimi algami ali s cianobakterijami bodo povrženi večjim spremembam v času nizkih pretokov kot habitati, kjer prevladujejo kremenaste alge, še posebej če le te prekrivajo celotno strugo vodotoka (Suren, 2005; Suren in Riis, 2010).

Spremembe pretoka, povezane s proizvodnjo hidroenergije (pulzni pretok), se tipično kažejo v periodični zračni izpostavitvi con ob brežinah reguliranih rek. Čas izpostavitve zraku se lahko zelo razlikuje in variira od nekaj ur do nekaj dni. Če to združimo še z nepredvidljivimi spremembami pretoka, so takšni pogoji preveč ekstremni za večino vrst alg značilnih za celinske vode. Da bi preživele v mokro-suhi coni, morajo alge tolerirati pogosto izsušitev in omočenje, dodatno pa še spremenjene razmere v strugi in pašo rastlinojedov. Pogoji, ki spodbujajo rast najbolj odpornih vrst alg, so dolga omočena obdobja, minimalna izpostavljenost zraku in obrežna senca (Bergey in sod., 2010). Stanje združbe fitobentosa na rečnih bregovih, ki so periodično izpostavljeni zraku, vpliva na lokalno prehranjevalno verigo v vodotoku (Blinn in sod., 1998). Če alge ne zmorejo tolerirati sušnih pogojev, potem brežine, ki so temu periodično izpostavljene, ne bodo veliko pripomogle k produktivnosti vodotoka (Bergey in sod., 2010). Blinn in sod. (1998) so ugotovili, da so imeli predeli reke Colorado (Združene države Amerike), ki so bile periodično izpostavljene zraku, 10-krat manjšo produktivnost, kot stalno omočena območja reke. Po Bergey-u in sod. (2010) so pogosto menjavanje izpostavljenosti zraku ter potopitve pod vodo bolj škodljivi za alge, kot daljša oziroma stalna izpostavljenost alg zraku. Nobena od celinskih vrst makroalg se ne pojavlja pogosto v mokro-suih predelih vodotokov. Zato tudi celinske makroalge niso sposobne zagotavljati vira hrane in zatočišča, ki bi lahko vzdrževala združbo fitobentosa v mokro-suih conah. Shaver in sod. (1997) poročajo, da je nitasta cianobakterija *Oscillatoria* sp. boljše uspevala v mokro-suih conah kot zelena alga *Cladophora* sp., še posebej če so bili prisotni fini sedimenti. Predviden razlog za to naj bi bil, da je *Oscillatoria* sp. gibljiva in



lahko migrira v sediment, da se izogne izsušitvi, s sluzjo obdani filamentni pa zadržujejo vodo in še dodatno zmanjšajo učinek izsušitve.

Bergey in sod (2010) so poročali, da nitaste alge formirajo gosto rast v reguliranih rekah, kar zagotavlja prednostni habitat in zatoščišče za bentoške nevretenčarje (Power, 1990; Shannon in sod., 1994). V tolmunih in brzicah z nizko hitrostjo toka v s hranili obogatenih vodotokih (Biggs in sod., 1998a) navadno prevladujejo *Spirogyra* sp., *Cladophora* sp. in *Oedogonium* sp., medtem ko v reki Soči dolvodno od jezua Podsela pogosto prevladujejo *Cladophora glomerata*, *Mougeotia* sp. in *Ulothrix zonata* (Smolar-Žvanut, 2001).

V splošnem je težko vplivati na režim hidroloških motenj v vodotokih zaradi naravno pojavljajočih se visokih pretokov med poplavami (Biggs, 2000). Povečanje števila vrst v združbi fitobentosa po obsežnih poplavih je navadno dvofazni proces z različnim trajanjem posameznih faz. Faza 1, ki je skupna vsem vodotokom, se pojavi od enega dneva do enega tedna po poplavi, v njej pa prevladujejo vrste z visoko zmožnostjo selitve in razmnoževanja (R strategiji; Grime, 1979) ali/in vrste, ki so visoko odporne na motnje in izhajajo iz lokalnih refugijev (npr. kremenaste alge tesno prilegle na podlago, kot so *Achnanthes minutissima*, *Cocconeis placentula* in *Fragilaria vaucheriae*). Faza 2 vodi do večje vrstne pestrosti in zahteva bistveno daljši čas in ima bolj raznolik čas trajanja med posameznimi vodotoki (eden do več mesecev). V njej prevladujejo vrste, ki so manj odporne na motnje in imajo veliko počasnejšo hitrost selitve in razmnoževanja (C in S strategiji, kot so cianobakterije in nitaste zelene alge; Grime, 1979) in izvirajo iz bolj oddaljenih refugijev (Biggs in Smith, 2002).

Pogostost poplav narekuje čas, ki je na voljo za povečanje števila in naselitev bentoških alg. V obdobjih med poplavami postanejo pri določanju neto razvoja združbe pomembni: dostopnost virov (svetloba in hranila), izgube zaradi paše organizmov, prostorske spremembe v hitrosti toka in turbulentnosti ter rastne strategije posameznih vrst (Biggs, 1996a). Pri srednjih do majhnih motnjah, povzročenih zaradi poplav in paše organizmov, prevladujejo procesi priraščanja, kjer pa je zaloga virov zmerna do visoka, se oblikujejo družbe s prevladujočimi pokončnimi pecljati diatomejami in/ali nitastimi zelenimi algami (npr. *Cladophora glomerata* in *Melosira varians*). Kjer je pogostost motenj in dostopnost virov zmerna do visoka, v združbi navadno prevladujejo nitaste cianobakterije in rdeče alge z omejenim številom kremenastih alg (npr. *Nostoc* sp., *Tolypothrix* sp., *Schizothrix* sp., *Phormidium* sp., *Audouinella* sp. in *Epithemia* sp.). Pri zmerni do visoki frekvenci motenj, povzročenih zaradi poplav, ali ob močni paši organizmov prevladujejo procesi izgub in se navadno kažejo v združbah, kjer prevladujejo tesno prilegle kremenaste alge, ki so tesno pričvrščene na substrat ali so zmožne hitre naselitve (Biggs, 1996a). Mnogo raziskav poroča o sukcesijskih spremembah v združbah fitobentosa od kremenastih alg do nitastih zelenih alg v obdobjih stabilnega pretoka po poplavih (npr. Peterson in Stevenson, 1992; Dent in Grimm, 1999) in še posebej o zmanjšani vrstni pestrosti.

Graba in sod. (2013) so izvedli poskus strganja na 40 dni starih biofilmih v umetnem kanalu, da bi ugotovili stopnjo odpornosti epilitičnih alg na višje hitrosti vodnega toka. Rezultati so pokazali, da so združbe alg, ki se razvijejo pri višjih hitrostih vodnega toka in večjih strižnih silah, močnejše pritrjene in zato odpornejše na strganje kot združbe, ki se razvijejo pri nizkih hitrostih toka. Bona in sod. (2012) so preučevali vpliv povečanja finih delcev in hitrosti vode na odstranitev kremenastih alg na dveh alpskih rekah z visokim pretokom v SZ Italiji (dolina



Aosta). Pripravili so analizo poti vzročnih povezav vpliva okoljskih dejavnikov na kremenaste alge in ugotovili, da na prisotnost/odsotnost kremenastih alg v reki vplivajo hitrost vode, skupne suspendirane snovi in napajanje reke (topljenje ledu). Avtorji so želeli predvideti odstranitev kremenastih alg po topljenju snega v gorskih vodotokih z analizo učinka strižne napetosti, povzročene ob povišanih hitrostih toka in prisotnosti suspendiranih snovi na združbo kremenastih alg. Hipotetični vzročni model so testirali z zbranimi podatki iz dveh alpskih rek. Ugotovili so, da lahko hitrosti vodnega toka enake ali večje od 2 m/s sprožijo odstranitev kremenastih alg tudi ob odsotnosti suspendiranih snovi, medtem ko ima koncentracija suspendiranih snovi nad 1900 mg/L enak učinek. Francoeur in Biggs (2006) sta zabeležila do 60 % odstranitev kremenastih alg (klorofila-*a*) ob povečanih vrednostih suspendiranih snovi (7000 mg/L). Bona in sod. (2012) pa so ugotovili, da so bile kremenaste alge odsotne na mestih s koncentracijami suspendiranih snovi pod 2200 mg/L in klorofilom-*a* pod 0,001 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.

V raziskavi Smolar-Žvanut in Mikoš (2014) na reki Soči so vzorčili fitobentoške alge v obdobju nizkih pretokov na štirih vzorčnih mestih gorvodno in dolvodno od jezov Ajba in Podsela. Več vrst alg je bilo prisotnih dolvodno kot gorvodno od jezov zaradi večje stabilnosti hidroloških dejavnikov dolvodno od jezov (podaljšana obdobja nizkih pretokov in redko pojavljanje visokih pretokov), nizkih do srednjih hitrosti toka, ki omogočajo naselitev zelenih alg in zadostne količine svetlobe. Največja podobnost v strukturi združbe fitobentosa je bila opažena med vzorci nabranimi na vzorčnih mestih, ki so pod vplivom reguliranega toka in imajo podobne hidrološke in fizikalno-kemijske spremenljivke, medtem ko je bila združba fitobentosa na referenčnem mestu gorvodno od jezov večinoma znatno drugačna od združb dolvodno od jezov. Bergey in sod. (2010) so poročali o gosti razrasti nitastih zelenih alg v reguliranih vodotokih, kar je potrdila tudi raziskava Smolar-Žvanut in Mikoš (2014) na reki Soči. Druga raziskava na reki Soči (Smolar-Žvanut in sod., 2014) je obravnavala vzorčenje fitobentoških alg v zimskih in poletnih mesecih od leta 2006 do leta 2013 v obdobjih nizkih pretokov na osmih vzorčnih mestih gorvodno in dolvodno od zajezev Podsela, Ajba in Solkan. Rezultati so pokazali, da je pretočni režim ena od najpomembnejših spremenljivk, ki določa združbo fitobentosa v reki Soči in je eden ključnih dejavnikov za strukturo fitobentosa. Odseki reke pod jezovi so se znatno razlikovali v vrstni sestavi fitobentosa in relativni pogostosti ter biomasi v primerjavi z odseki gorvodno od jezov.

Vplivi odvzemov vode na fitobentos so bili v Sloveniji ugotovljeni tudi na rekah Tržiška Bistrica in Dravinja (Smolar in sod., 1998), na reki Bistrici (Smolar-Žvanut in sod., 2005), na reki Oplotnici (Peroci in sod., 2009), rekah Kokra in Selška Sora (Smolar-Žvanut in Krivograd Klemenčič 2011) in na reki Vipavi (Smolar-Žvanut in sod., 2011). V raziskavi Smolar-Žvanut (2001) na Savi Dolinki so vzorčili fitobentos v obdobju nizkega vodostaja na petih odsekih reke gorvodno in dolvodno od jezov in na odseku reke, ki je podvržen pulznemu pretoku. Ugotovili so, da je stabilnost rečnega sistema dolvodno od jezov (podaljšana obdobja konstantnega nizkega pretoka, redki pojavi visokih pretokov, nizke do zmerne hitrosti vodnega toka in zadostni svetlobni pogoji) pripomogla k naselitvi zelenih in kremenastih alg in je primarni vzrok tega, da je bilo večje število vrst fitobentosa prisotnih pod jezovi v primerjavi z odseki reke gorvodno.



Tang in sod. (2013) so preučevali vpliv odvzema vode na združbo fitobentosa na desetih vodotokih v Hong Kongu (monsunsko podnebje) s primerjavo rečnih odsekov nad in pod odvzemi vode. Razlike v strukturi združbe alg med odseki so bile opazne v obeh delih leta, vendar pa struktura združbe v mokrem delu leta ni bila neposredno povezana s pretokom, ker zaradi relativno visoke zaloge padavin odvzem vode ni imel večjega vpliva. V suhi sezoni pa so bile gorvodno relativno pogoste na strganje odporne tesno in plosko pritrjene kremenaste alge (še posebej *Achnanthes* in *Cocconeis*), medtem ko so bile neodporne pecljate in mobilne kremenaste alge (*Eunotia*, *Gomphonema*) bolj številčne dolvodno. Oboje, tako tesno prilegle kot pokončne oblike alg (npr. *Chamaesiphon*, *Calothrix*), so bile občutljive na spremembe hranil. Nizki pretoki dolvodno so presenetljivo povečali raznolikost in pestrost alg.

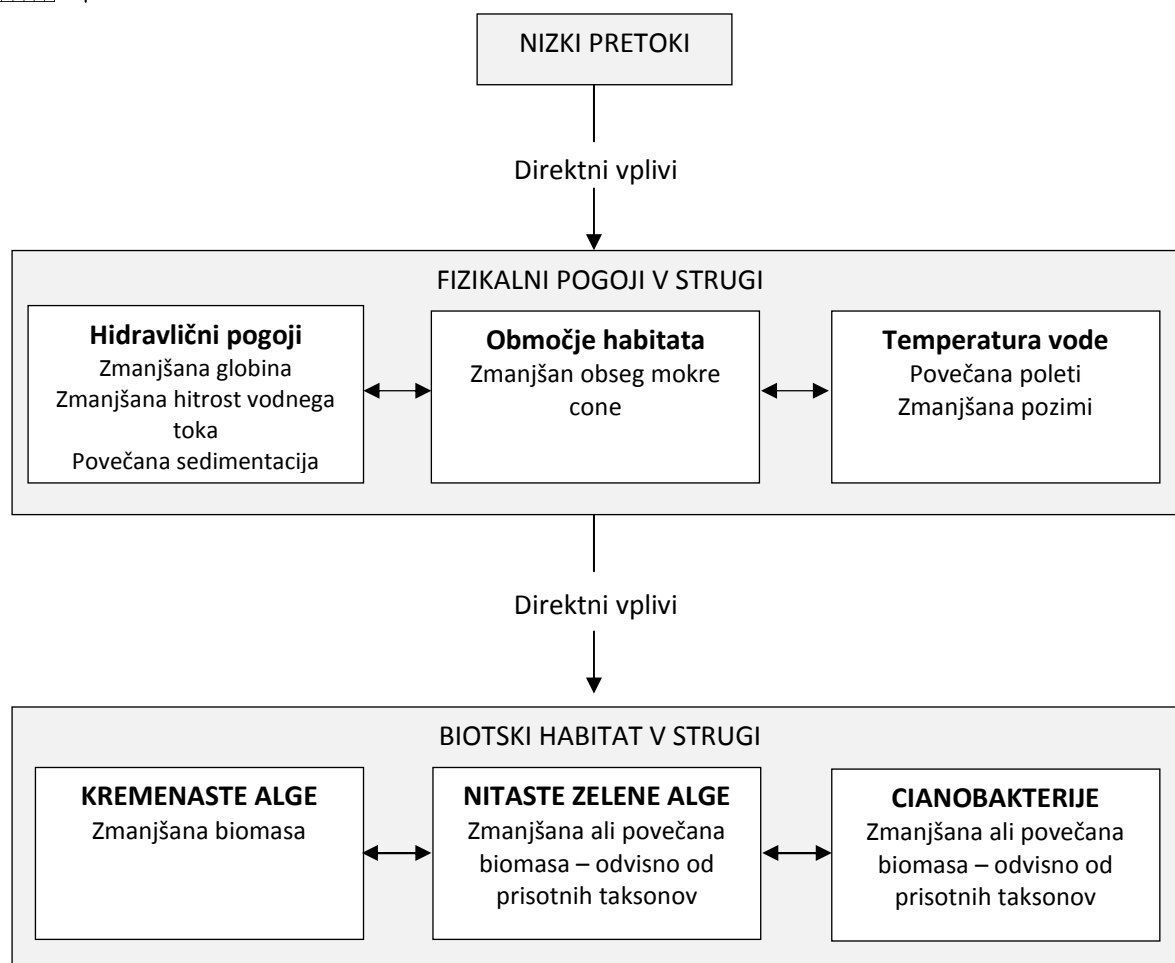
2.2.2 Vpliv na biomaso fitobentosa

Razlikujemo lahko tri glavne dolgoročne časovne vzorce v biomasi v vodotokih: 1) relativno konstantno, nizko biomaso, 2) cikle priraščanja in odmiranja biomase in 3) sezonske cikle. Ti vzorci so večinoma rezultat interakcij med procesi priraščanja in izgube biomase, pri čemer je režim hidravličnih motenj bistven dejavnik, ki določa skupno ravnotežje med njimi (Biggs, 1996a). Biomasa fitobentosa v vodotoku je odvisna od prostorskih razlik v hitrosti vodnega toka in strižnih silah (Biggs in sod., 1998a). Zmanjšanje hitrosti vodnega toka, zmanjšanje strižne napetosti in erozivnih sil lahko potencialno vodi do: a) povečanja biomase nitastih zelenih alg, b) povečanja ali zmanjšanja biomase pecljatih diatomej in kratkih nitastih alg in c) zmanjšanje biomase alg z želatinoznimi ovoji (Biggs, 2000). Hidrološke motnje, ki so posledica človekove aktivnosti, lahko potencialno spremenijo biomaso fitobentosa. Regulacije vodnega toka so povezane z manjšo raznolikostjo hitrosti vodnega toka in s povečano stabilnostjo dna, kar lahko poveča biomaso alg, medtem ko povečana raznolikost vodnega toka značilno zmanjša biomaso alg, čeprav je to odvisno tudi od pogojev pred regulacijo vodotoka. Odvzem gramoza iz mokrega dela struge lahko povzroči destabilizacijo rečnega dna in posledično znižanje biomase alg.

V primeru intenzivnejše rabe tal lahko pride do hidroloških sprememb, ki vplivajo na fitobentos, še posebej, če ima prispevno območje strm naklon. Človekove aktivnosti, ki povečajo količino hranil, svetlobe in temperaturo baznega odtoka, lahko vodijo do povečanja biomase fitobentosa (Biggs, 2000). Rečna zajezev ponavadi spremeni dolvodni tok in premeščanje plavin, kar ima za posledico tlakovanje dna (dno postane tlakovano z zelo stabilnimi, velikimi prodniki in balvani, ki dosegajo plasti na gladini). To zagotavlja idealen substrat za razrast fitobentosa. Večina malih in srednje velikih poplav ne odteče po reki navzdol (razen v primeru, ko je zadrževalnik napolnjen), kar pomeni, da je običajno raznolikost toka zmanjšana in da je naravna sposobnost sistema za odstranitev presežka priraščene biomase ovirana. Zmanjšanje pretoka se navadno kaže v zmanjšanju hitrosti vodnega toka in zmanjšanju hidravličnih sil, kar omogoča, da se razvije večja biomasa nitastih zelenih alg, v kolikor so zaloge hranil zadostne (Biggs, 2000). Če so motnje zaradi poplav pogoste in/ali je stopnja obogatitve vodotoka s hranili zelo nizka, bo povprečna

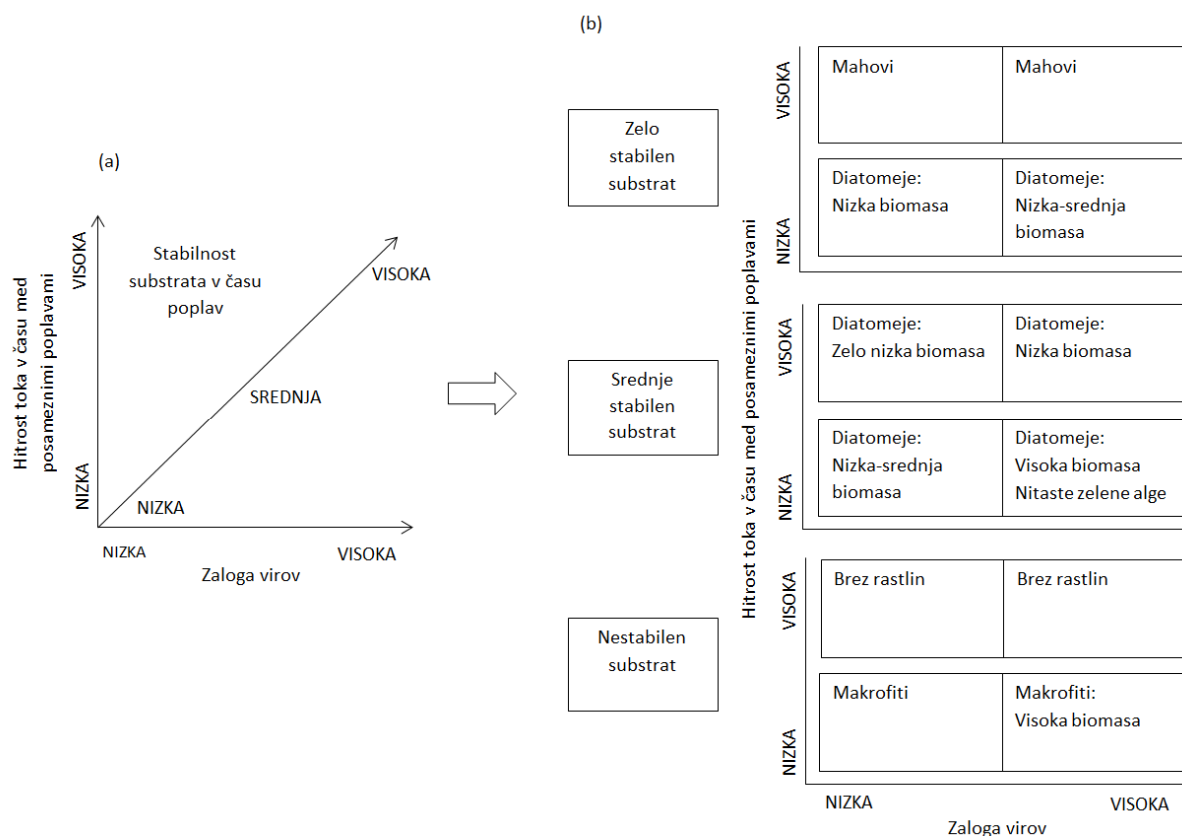


biomasa v strugi nizka. Pri visoki pogostosti motenj bo visoka stopnja obogatitve vodotoka s hranili privedla do določenega prirastka alg zaradi hitrejšje obnovitve med poplavnimi dogodki; nekaj biomase lahko priraste tudi pri nizki stopnji obogatitve vodotoka s hranili, če je frekvenca motenj nizka (Biggs, 1996a). Maksimalna biomasa se navadno pojavi pri nizkih hitrostih vodnega toka (Biggs in sod., 1998a). Nizki pretoki povečajo rastlinsko biomaso zaradi sprememb hidravličnih značilnosti, svetlobnih in temperaturnih pogojev, čeprav so ti odvisni tudi od tipa vodotoka (slika 3). V obdobjih hidrološkega mirovanja, kot so nizki pretoki, prevladujejo procesi priraščanja alg, ker v tem času ni izgub, povezanih z visokimi hitrostmi toka in strižno napetostjo, premikanjem substrata in abrazijo (Suren in Riis, 2010). Nizka biomasa fitobentosa se v reguliranih vodotokih lahko vzdružuje z dolgoročno uporabo zaporednih poplav (Mannes in sod., 2008). Vodotoki, ki so pod vplivom rednih poplav, imajo običajno nižjo povprečno biomaso fitobentosa z združbami, kjer prevladujejo na podlagi tesno prilegli in na strižne sile zelo odporni taksoni (Biggs in Close, 1989; Biggs, 1996a). Obratno imajo vodotoki z dolgimi obdobji med poplavami, nizkim stresom, povezanim z dostopnostjo hranil, in nizko stopnjo paše združbe fitobentosa z višjo biomaso in večjo kompleksnostjo zgradbe (Biggs, 1996a). Ward (1976) poroča o 3-krat do 20-krat več epilitičnih alg v reguliranem odseku reke South Platte River v Coloradu (ZDA) pod jezom zaradi stabilnega substrata, povečane dostopnosti hranil in višjih temperatur vode pozimi. Raziskava Mannesa in sod. (2008) kaže, da so poplave v švicarski predalpski reki zmanjšale stalne zaloge fitobentosa in čeprav si je fitobentos opomogel med poplavami, je bil odstranjen pri vsaki poplavi. Manjše poplave ($10-15 \text{ m}^3/\text{s}$) so imele večji vpliv na biomaso fitobentosa na začetku poskusa kot v kasnejših letih, kar bi lahko bilo posledica prilagoditve fitobentosa na poplavni stres. Visoka biomasa fitobentosa dolvodno od jezov je bila poročana tudi v drugih raziskavah (Lowe, 1979; Bundi in Eichenberger, 1989; Smolar, 1997; Koudelkova, 1999; Smolar-Žvanut, 2000, Smolar-Žvanut, 2001), kar lahko pripišemo majhnim spremembam v temperaturi vode, pomanjkanju značilne sezone variabilnosti pretokov, povečani koncentraciji hranil in njihovem privzemu s strani alg (Koudelkova, 1999) ter velikim količinam nemobilnega substrata (Biggs in sod., 2001).



Slika . Model neposrednih vplivov nizkih pretokov na biomaso fitobentosa v vodotokih. Spremembe fizikalnih pogojev v strugi neposredno vplivajo na združbo alg in posledično tudi na rečne habitate. (Smolar-Žvanut in Krivograd Klemenčič, 2013).

Fitobentoška združba, ki se razvije v odsotnosti poplav, v veliki meri določa posredni vpliv nizkih pretokov na habitate v strugi (slika 3) (Suren in Riis, 2010). Suren in Riis (2010) predlagata tridimenzionalen model za napoved razvoja rastlin v nezasenčenih vodotokih (slika 4a), čeprav obstaja veliko medsebojno povezanih dejavnikov, ki vplivajo na razvoj vodne vegetacije (Biggs, 1996b; 2000). Tridimenzionalen model prikazuje zalogo virov (hranila, svetloba) od oligotrofnih sistemov (kjer hranila in svetloba lahko omejujejo rast rastlin) do evtrofnih sistemov (kjer hranila in svetloba ne omejujejo rasti rastlin) na x osi in hitrost vodnega toka med posameznimi poplavami, ki vpliva tako na velikost prevladujočega substrata v vodotoku kot na tip rastlinske združbe, na y osi (Biggs, 1996b; Suren in Riis, 2010). Vodotoki z nizkimi hitrostmi vodnega toka imajo v času med posameznimi poplavami navadno manjši substrat (pesek, prod, gramoz) in posledično rastlinske združbe, ki so prilagojene nižjim hitrostim toka. Nasprotno pa imajo vodotoki z visokimi hitrostmi vodnega toka v času med posameznimi poplavami prevladujoč substrat v obliki skal in balvanov, kjer se bodo razvile rastlinske združbe, ki lahko tolerirajo visoke strižne napetosti (Suren in Riis, 2010).



Slika . Tipi vodnih rastlinskih združb v povezavi s fizičnim stanjem vodotoka prilagojeno po Suren in Riis (2010) v nezasečenih vodotokih. (a) trije sestavni deli fizičnega stanja vodotoka (zaloga virov, hitrost toka v času med posameznimi poplavami in stabilnost substrata) so medsebojno povezani in določajo 12 potencialnih tipov vodotokov. (b) vsaka celica predstavlja enega od 12 potencialnih tipov vodotokov in prikazuje pričakovano rastlinsko združbo (ali značilno rastlinsko združbo) pred nastopom obdobja nizkih pretokov.

Suren in Riis (2010) poročata, da kremenaste alge prevladujejo v habitatih s srednje do visoko stabilnostjo substrata v času poplav, z nizko do visoko zalogo hranil in z nizkimi do visokimi hitrostmi vodnega toka v času med posameznimi poplavami. V vodotokih z zmerno stabilnim substratom je biomasa kremenastih alg določena s kombinacijo zaloge virov in hitrosti vodnega toka v času med posameznimi poplavami, pri čemer je višja biomasa zabeležena v z viri bolj bogatih vodotokih in z nižjimi hitrostmi toka (slika 4b).

Biggs in Hickey (1994) poročata, da je sestava združbe kremenastih alg odraz tako hitrosti vodnega toka v času med posameznimi poplavami kot tudi količine hranil z majhnimi, tesno in plosko pritrjenimi vrstami, kot je *Cocconeis*, v hitro tekočih vodah in z večjimi pecljati celicami, kot je *Gomphonema*, v hitrejših in s hranili bogatih vodah.

Rast nitastih zelenih alg ali cianobakterij lahko postane prevladujoča v vodotokih s prevladujočim gramoznim substratom, nizkimi hitrostmi vodnega toka v času med posameznimi poplavami in zmernimi do visokimi zalogami virov v obdobjih nizkih pretokov (Biggs, 1990). Med dolgimi obdobji stabilnega pretoka v času med posameznimi poplavami se pojavi postopna sukcesija od kremenastih alg do nitastih zelenih alg ali do debele razrasti cianobakterij, ki lahko dosežejo ekstremno visoko biomaso in prekrijejo celotno dno vodotoka



(Stevenson in sod., 1996; Suren in sod., 2003a; Suren in Riss, 2010). Povzetek vplivov spremenjenega vodnega režima na fitobentoške združbe je prikazan v preglednici 1.

Preglednica . Odziv združbe fitobentosa na spremenjen vodni režim v vodotokih (prilagojeno po Smolar-Žvanut in Krivograd Klemenčič, 2013)

Spremenljivke pretoka	Odziv združbe fitobentosa	Viri
Povečana stabilnost baznega odtoka in zmanjšanje spremenljivosti pretoka pod zaježitvami ali v odsekih z reguliranim tokom	Povečana biomasa; pospešena rast alg zaradi odsotnosti poplav (visokih pretokov) in povečane dostopnosti hranil in prosojnosti vode	Ward, 1976; Marcus, 1980; Ward in Stanford, 1983; Skulberg, 1984; Dufford in sod., 1987
	Zmanjšana biomasa	Dewson in sod., 2007b
Nizke hitrosti vodnega toka v strugi	Povečana biomasa; pospešena rast dolgih nitastih zelenih alg (<i>Cladophora</i> , <i>Mougeotia</i> , <i>Spirogyra</i>) in zmanjšana rast pecljatih, kratkih nitastih ali debelejših kremenastih alg in cianobakterij	Biggs in sod., 1998a; Suren in sod., 2003a; James in Suren, 2009; Smolar-Žvanut in Mikoš, 2014
Poplave (visoki pretoki) pod zaježitvami	Začasno zmanjšanje biomase; povečana spremenljivost biomase; sukcesijske spremembe v združbi fitobentosa od kremenastih alg k nitastim zelenim algam	Fisher in sod., 1982; Peterson in Stevenson, 1992; Dent in Grimm, 1999; Biggs in Stokseth, 1996; Biggs in Smith, 2002; Uehlinger in sod., 2003; Robinson in Uehlinger, 2008; Mannes in sod., 2008
Pulzni pretok: periodična izpostavljenost predelov rečnih brežin zraku	Zmanjšanje pokrovnosti podlage z algami; zmanjšana biomasa alg in nižja produktivnost predelov struge izpostavljenih zraku	Blinn in sod., 1998; Bergey in sod., 2010; Fuller in sod., 2011

Fuller in sod. (2011) so ugotovili, da so pulzni izpusti vode v preiskovanem vodotoku povzročili menjavanje močno postrganega rečnega sedimenta z visoko strižno napetostjo in zelo nizko biomaso fitobentosa z balvani in skalnatimi plitvinami, kjer je nizka strižna napetost in višja biomasa fitobentosa s prevladujočimi nitastimi algami.

V začetnih fazah naseljevanja fitobentosa lahko višjo biomaso izmerimo v predelih z nizko hitrostjo vodnega toka, medtem ko v nadaljnjih fazah naseljevanja lahko višjo biomaso izmerimo pri višjih hitrostih vodnega toka (Stevenson, 1996; Graba in sod., 2013; Xia in sod., 2014). Razlago za slednje lahko iščemo v povečanem privzemu hranilnih snovi (Stevenson in sod., 1996b; Graba in sod., 2013), dihanju, fotosintezi in rasti fitobentoških alg pri visoki hitrosti vodnega toka ter v boljši mehanski prilagoditvi alg na visoke hitrosti vodnega toka (Stevenson, 1996b; Graba in sod., 2013).



V raziskavi Smolar-Žvanut in Mikoš (2014) na reki Soči je bila biomasa fitobentosa (merjena kot organska snov) najvišja na predelih reke z nižjimi hitrostmi vodnega toka. Zmanjšan pretok na reki Soči dolvodno od jezov Ajba in Podsela je povzročil hidrološke in fizikalno-kemijske spremembe v vodotoku; posledično se je zvišala biomasa fitobentosa. Najbolj očitno se je to pokazalo v prerasti rečnega dna z zelenimi algami. Na referenčnem mestu gorvodno od jezov zelene alge niso bile prisotne; za to mesto je značilen mobilni substrat in visoke hitrosti vodnega toka.

Analiza vplivov spremenjenega vodnega režima pod zaježitvijo Moste na Savi Dolinki na združbo fitobentosa kaže na znatne spremembe v združbi fitobentosa (Smolar-Žvanut, 2001). Gorvodno od jezov so bile zabeležene nizke vrednosti biomase fitobentosa merjene kot suha teža (povprečno 56 g/m²) in kot organska snov (povprečno 19 g/m²) ter hkrati relativno visoke vrednosti biomase fitobentosa merjene kot klorofil-*a* (povprečno 107 mg/m²), kar je lahko posledica zmanjšane dostopnosti organskih snovi v vodotoku zaradi visokih hitrosti vodnega toka in močnih hidravličnih sil. Hkrati so bile zabeležene visoke vrednosti živih celic v združbah, ker je tok odnesel odmrle celice. Razrast alg v Savi Dolinki pod zaježitvijo bi lahko bila posledica dolgega obdobja nizkega pretoka in visoke ravni hranil, svetlobe in strukture sedimenta (Smolar-Žvanut, 2001). Primerjava odsekov na reki Kokri pred in po odvzemu vode za MHE Oljarica je pokazala, da je bila biomasa fitobentosa najvišja v predelih vodotoka z nizko vodno gladino in upočasnjnim tokom (Smolar-Žvanut in Krivograd Klemenčič, 2011).

2.2.3 Vpliv na razrast fitobentosa

Razrast fitobentosa je sekundarna posledica nizkih pretokov (nizka strižna napetost) in potencialno lahko spremeni kakovost habitatov ter povzroči spremembo strukture ekosistema (Suren in sod., 2003a; Hart in sod., 2013), kar je med upravljavci vodnih virov širše poznan problem (Biggs, 1988). Razrast fitobentosa lahko negativno vpliva na odvzeme vode, estetski izgled vodotoka in rekreacijske aktivnosti, ki potekajo v vodotoku (Biggs, 1996a), industrijsko rabo, biodiverzitetu, zdravje živine in domačih živali (Biggs, 2000) in strukturo in funkcijo celotnega rečnega ekosistema. Najbolj se fitobentos razraste ob velikih obremenitvah vodotokov s hranili, ki so običajno posledica intenzivnega kmetijstva (Biggs, 1996a). Razrast fitobentosa, kjer prevladujejo nitaste zelene alge, je veliko bolj očitna kot razrast fitobentosa s prevladujočimi kremenastimi algami (Biggs, 2000). V vodotokih z nizkimi vrednostmi hranil in v zasenčenih gozdnih vodotokih, kjer je rast alg omejena z nezadostno svetlobo (npr. Keithan in Lowe, 1985), nizki pretoki ne bodo povzročali povečane rasti alg (Suren in Riis, 2010). Poleg vnosa hranil in povečane količine svetlobe je omejeno premeščanje plavin glavni razlog za razrast fitobentosa. Nitaste zelene alge (kot so *Ulothrix*, *Cladophora*, *Mougeotia*, *Spirogyra*) se navadno razrastejo v vodotokih zmernega pasu, ki vključuje tudi Slovenijo.

Horner in sod. (1983) navajajo, da so vrednosti klorofila-*a*, ki so višje od 100-150 mg/m² oziroma več kot 20 % pokritost rečnega dna z nitastimi algami, nesprejemljive. V raziskavi Smolar-Žvanut (2001) na reki Soči so bile povprečne vrednosti klorofila-*a* pod jezom višje od



100 mg/m³, v združbi fitobentosa pa so prevladovale nitaste zelene alge iz rodov *Cladophora*, *Mougeotia* in *Ulothrix*, ki so popolnoma prerasle rečne sedimente (Biggs in Price, 1987).

V raziskavi Lessarda in sod. (2013) na novozelandski reki Opihi-Opuha so primerjali spremembe pretoka zaradi izgradnje jezua Opuha in ugotovili, da je jez spremenil pogostost in obseg poplav kot tudi zalogo peska in gramoza ter premeščanje plavin dolvodno po reki. Te spremembe so bile povezane s povečanim cevetenjem alg pod jezo in razrastjo tujerodne kremenaste alge *Didymosphenia geminata*. Pred zaježitvijo je bila biomasa fitobentosa v reki podobna kot v drugih nezajezenih rekah južnega otoka Nove Zelandije z nizko pokrovnostjo in biomaso ter združbo *Ulothrix/Oedogonium* (nitasti zeleni algi). Po izgradnji jezua se je združba fitobentosa spremenila, močno se je zmanjšala njena biodiverzitet, posamezne prevladujoče vrste (npr. *Phormidium* in od leta 2007 *D. geminata*) so prerasle celotno strugo vodotoka, kar ne predstavlja le estetskega problema temveč ima tudi številne druge neugodne vplive na ekosistem (npr. dihalni problemi pri nekaterih vrstah rib).

2.3 Vplivi hidroloških obremenitev na bentoške nevretenčarje

Združbo bentoških nevretenčarjev predstavljajo vodni nevretenčarji, ki so običajno večji od 1 mm. Taksonomsko so zelo raznolika skupina. Najznačilnejše skupine so vrtničarji (Turbellaria), polži (Gastropoda), školjke (Bivalvia), maloščetinci (Oligochaeta), pijavke (Hirudinea), postranice (Amphipoda), oslički (Isopoda), enodnevnice (Ephemeroptera), vrbnice (Plecoptera), kačji pastirji (Odonata), hrošči (Coleoptera), mladoletnice (Trichoptera) in dvokrilci (Diptera). Pri ekoloških ocenah vodnih ekosistemov oz. vrednotenju kakovosti voda najpogosteje uporabljamo bentoške nevretenčarje, in to predvsem zaradi njihove specifične vloge v njih. Odražajo celotne ekološke razmere posameznega vzorčnega mesta, vključno s fizikalnimi lastnostmi (tip substrata, hitrost vodnega toka, pretok itd.) in zato niso le odraz organskega obremenjevanja, ampak tudi različnih drugih stresov in sicer anorganskega onesnaženja, toksičnosti, kislosti, morfoloških sprememb vodnih habitatov (kanaliziranje, regulacije vodotokov) in zmanjšanja količine vode. Pri tem so najpomembnejše prednosti bentoških nevretenčarjev pred ostalimi vodnimi skupinami organizmov:

- a) veliko število vrst, različno občutljivih na polutante;
- b) prisotnost v vseh tipih voda;
- c) relativna pogostost in sedentarnost;
- d) enostavnost vzorčenja in določanja višjih taksonov (vsaj do nivoja družine);
- e) relativno dolga življenjska doba (od nekaj tednov do nekaj let). (Urbanič in Toman 2003)

Bentoški nevretenčarji dobro odražajo celotne ekološke razmere posameznega mesta vzorčenja (Urbanič in Toman, 2003). V vodotokih je zaradi hkratnega delovanja naravnih in



antropogenih dejavnikov težko ugotoviti vpliv posamezne obremenitve na ekosistem (Begon in sod., 2006). V preteklosti so razvili številne indekse za vrednotenje kakovosti tekočih voda na podlagi BN, kot so številni biotski indeksi, različice saprobnega indeksa, različni diverzitetni indeksi (Sladeček, 1973; Hering in sod., 2010). Kompleksna orodja za statistično modeliranje so omogočila razvoj novih metod za analizo odnosov med organizmi in njihovim okoljem (Elith in sod., 2010). Povezave med antropogenimi dejavniki in spremembami strukture in funkcije ekosistemov lahko ugotavljamo z analizo sprememb številčnosti prisotnih taksonov in sestave združb v odvisnosti od okoljskih sprememb (Hering in sod. 2006).

2.3.1 Vpliv na združbe bentoških nevretenčarjev

Režim vodnega toka je eden od ključnih dejavnikov v ekosistemi tekočih voda, ki vpliva na združbe bentoških nevretenčarjev (Resh in sod. 1988, Allan in Castillo 2007). Hidrološke razmere v vodotoku vplivajo neposredno na dostopnost habitatov in kakovost vode, ter posledično na vrste in interakcije med vrstami (Williams 1996). Ekološki pomen hidroloških procesov, ki se odražajo v spremenjenih značilnostih vodnega toka (velikost, trajanje, frekvenca in variabilnost) so dobro dokumentirani in poznani (npr. Richter in sod. 1996, Poff in sod. 1997, Bunn in Arthington 2002, Allan 2004). Slabše poznan je vpliv značilnosti vodnega toka na združbe bentoških nevretenčarjev, še posebej na regionalni ravni, kjer lahko odzive organizmov generaliziramo (Konrad et al. 2008).

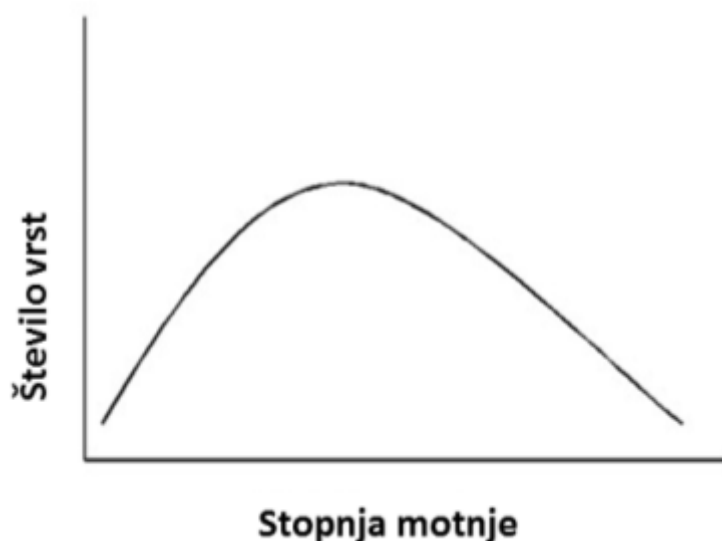
Biološki vplivi značilnosti vodnega toka so bili najpogosteje ovrednoteni na ravni posamezne naravne hidrološke motnje in sicer suše ali poplave. Poplave in suše običajno vplivajo na zmanjšanje številčnosti in števila vrst bentoških nevretenčarjev, vendar imajo manjši vpliv na sestavo in zgradbo združbe (Boulton in Lake 1992, Miller in Golladay 1996). Pogosto avtorji navajajo, da po spremembi oz. motnji (suša, poplava) združbe relativno hitro dosežejo izhodiščno stanje (Extence 1981, Cowx et al. 1984, Quinn in Hickey 1990). S temi raziskavami niso podprti ugotovljeni generalizirani odzivi združb bentoških nevretenčarjev na spremenjene hidrološke razmere razen odzivov, ki so vezani na velikost spremembe, trajanje spremembe in prostorske razsežnosti spremembe (Konrad in sod. 2008).

V raziskavah, kjer so ugotavljali povezave na regionalni ravni, so ugotovili vpliv velikosti spreminjanja sezonskih značilnosti vodnega toka v času (Bickerton, 1995) in v prostoru - med vzorčnimi mesti (Monk in sod. 2006). Številčnost, število vrst in pestrost združb bentoških nevretenčarjev so bili pozitivno korelirani s prisotnostjo razpona vrednosti pretoka v sezoni (npr. Schlosser, 1992, Wood in sod. 2001) in negativno s povprečnim pretokom v obdobju (Clausen in Biggs 1997). V skladu s hipotezo zmerne motnje (Connell, 1978) (slika 5) sta število taksonov in številčnost največja pri zmerni velikosti pretoka (McElravy in sod. 1989), med tem ko je »evenness« največja pri zmernih vrednostih stabilnosti pretoka (Death in Winterbourn 1995). Clausen in Biggs (1997) sta ugotovila, da sta abundanca in število taksonov pozitivno povezani z dnevno variabilnostjo pretoka, relativno velikostjo



pretoka (Q_{10}/Q_{50}) in frekvenco poplav, medtem ko je diverziteta negativno povezana s pogostostjo poplav.

Prepoznanje najpomembnejših značilnosti pretoka za združbe organizmov bi omogočilo ciljno upravljanje s cilji, ki bi bili lažje dosegljivi kot celostna renaturacija značilnosti naravnega vodnega toka.



Slika . Hipoteza zmerne motnje (intermediate disturbance hypothesis). Največje število vrst najdemo ob zmerni motnji.

2.4 Vplivi hidroloških obremenitev na ribe

Ribe poseljujejo zelo raznolika vodna telesa celinskih voda od mrzlih gorskih vodotokov do toplih rečnih mrtvic in nižinskih zadrževalnikov. Tako obsežno razširjenost omogoča dejstvo, da imajo različne vrste rib različne zahteve do življenjskega prostora (habitata) in tolerirajo različne spremembe v vodnem okolju (Cowx in Welcomme 1998, Steinberg in sod. 1996, Tarman 1992, Tome 2006). Glede na hitrost vodnega toka na primer razlikujemo vrste, ki žive izključno v vodotokih s hitrim vodnim tokom (reofilne vrste), vrste, ki imajo raje vodna telesa z umirjenim vodnim tokom ali celo stoječo vodo (stagnofilne vrste), in vrste, ki se pojavljajo v vodotokih ne glede na hitrost vodnega toka (indiferentne vrste) (Steinberg in sod. 1996). Podobno se ribje vrste med seboj razlikujejo tudi v načinu prehranjevanja, v selitvenih razdaljah, v načinu razmnoževanja, itd. Po načinu prehranjevanja poznamo filtratorje (hrano filtrirajo), planktivore (jedo plankton), invertivore (jedo nevretenčarje), herbivore (jedo rastline), omnivore (vsejede) in piscivore (ribojede) ribe. Glede na način razmnoževanja ločimo vrste, ki ikre odlagajo na kamnito podlago (litofilne drstnice), droben peščen substrat (psamofilne drstnice), rastline (fitofilne drstnice), v školjke (ostrakofilne drstnice) ali ikre lepijo na stene votlin (speleofilne drstnice). Redke so vrste, ki ikre odlagajo v



morju (morske drstnice) ali pa ikre spustijo prosto v vodo, da potujejo s tokom vode (pelagofilne drstnice).

V vodotoku se abiotski in biotski dejavniki spreminjajo vzdolž vodnega toka. Te spremembe so gradientne oziroma postopne. Poleg fizikalno kemijskih sprememb se s tokom spreminjajo tudi prisotne ribje vrste, ki v različnih odsekih vodotoka tvorijo različne ribje združbe (McAllister in sod., 2000). Ti odseki so, v kolikor so omejeni na isto geografsko območje, isto porečje ipd. med seboj primerljivi, kar je bilo v preteklosti prikazano s tako imenovanimi ribjimi pasovi (Huet 1949).

Ribe so zelo občutljive na degradacijo življenjskega okolja kot npr. na spremembe hitrosti vodnega toka, pregrajevanje rek, segrevanje vode in intenzivno izkoriščanje vode. So eden od bioloških elementov, s katerim vrednotimo ekološko stanje rek v skladu z Vodno direktivo.

2.4.1 Vpliv na ribje združbe

Sladkovodni ekosistemi so med najbolj spremenjenimi ekosistemi, s številnimi obremenitvami vključno z onesnaževanjem, odvzemom vode ter gradnjo jezov in pregrad (Pires in sod 1999, Xenopoulos in Lodge 2006, Ayllon in sod. 2012). Glavni namen gradnje jezov in pregrad vključuje namakanje, zagotavljanje zaščite pred poplavami in proizvodnjo hidroenergije.

Dolvodni vplivi visokih pregrad na organizme vodotokov vključno z ribami so dokaj dobro raziskani (Garnier in sod. 2000, Gunkel in sod. 2003, Xue in sod. 2006), manj pozornosti je bilo namenjeno vplivom malih hidroelektrarn. Čeprav so jezovi malih hidroelektrarn na majhnih in srednje velikih rekah, njihova preusmeritev vode prav tako povzroči spremembo naravnega režima toka, z nizkimi pretoki na odsekih pod jezovi in hydropeakingom na iztokih (Santos in sod. 2006, Schmutz in sod. 2010, Rolls in sod. 2012). Režim toka je glavni dejavnik, ki ureja ekologijo vodotoka (Poff in Ward 1990), sprememba le tega ima lahko pomembne vplive na žive organizme, pogoje in procese, ki vladajo v ekosistemu (Lake 2003). Študije s poudarkom na nizkih pretokih zaradi preusmeritve vode malih hidroelektrarn kot glavni ugotovljeni učinek na združbo rib izpostavljajo zmanjšanja gostote in biomase populacij na prizadetih lokacijah (Kubecka in sod. 1997, Almodovar in Nicola 1999, Mueller in sod. 2011). Prav tako poročajo o spremembah vrstne sestave (Mueller in sod. 2011), ponekod tudi prevlado oportunističnih vrst (Anderson in sod. 2006). Po drugi strani so Kubecka in sod. (1997) pokazali, da se je prevlada potočnih postrvi (*Salmo trutta*) in drugih večjih rib na prizadetih odsekih močno zmanjšala, ribja združba pa preusmerila v prevlado malih vrst.

V alpskih vodotokih, ki so tako kot drugi vodotoki podvrženi različnim hidromorfološkim spremembam, je bil pulzni tok (hydropeaking) opredeljen kot ena ključnih nevarnosti za populacije rib (Schmutz in sod. 2014). Posledice pulznega toka so lahko zelo različne. Lahko prihaja do dolvodnega odplavljanja rib (drift), zmanjšanja razpoložljive hrane ali povečanja plenjenja; ob upadanju vodne gladine ribe lahko ostanejo ujete v luže vzdolž bregov struge (»nasedanje« ang. stranding), lahko je ovirana migracija, prihaja do uničenja drstnega



habitata, motenj drsti, škodljivih vplivov na razvoj iker in uspešnosti rekrutacije (Hunter 1992, Young in sod. 2011, Mc Michael in sod. 2005).

Morfologija struge je nedvomno povezana z učinki pulznega toka. Nanjo vpliva tako trajanje pulza kot njegova pogostost pojavljanja (Young in sod., 2011). Ni povsem jasno, ali povečana kompleksnost habitata vpliva na dolvodno premeščanje rib in kako velika mora biti ta kompleksnost za zmanjšanje premeščanja. Vendar pa je jasno, da brez ohranjenih ustreznih refugijev naravnega rečnega toka s hydropeakingom obremenjen pretočni režim vpliva na preživetje rib (Scruton in sod. 2008). Težava pri ovrednotenju pomena hydropeakinga je, da večina terenskih študij obravnava samo posamezno reko (Young in sod. 2011, Harby in Noack 2013), zaradi česar so rezultati težko prenosljivi na druge sisteme, prav tako je težko opredeliti splošen vzorec.

Obseg »nasedanja« narekujejo kompleksne interakcije različnih biotskih in abiotskih dejavnikov. Glede na fizikalne razmere je »nasedanje« odvisno od hitrosti spreminjanja, razmerja pretoka (amplitude), sestave usedlin, morfologije struge in naklona brežin. Poleg tega kritični minimalni tok, frekvenca nihanja pretokov, časovna razporeditev (tekem dneva in sezone) in trajanje vpliva »nasedanja« določajo stopnjo umrljivosti zaradi »nasedanja«. Nedorasle ribe so bolj občutljive za »nasedanje« kot odrasle (Young in sod. 2011, Nagrodski in sod. 2012, Harby in Noack 2013). Smrtnost rib zaradi »nasedanja« je za nekatere vrste dobro dokumentirana, malo je znanega o subletalnih in dolgoročnih posledicah »nasedanja« in kako tveganje »nasedanja« pri nedoraslih ribah vpliva na abundanco vrst in njihov obstoj (Nagrodski in sod. 2012).

Nenazadnje se je treba zavedati, da se večina študij osredotoča na raven populacije in združbe, ne ocenjuje pa učinkov na posamezne lastnosti rib. Znano je, da izpostavljenost okoljskim dejavnikom stresa povzroča škodljive učinke na posamezne lastnosti rib, kot so metabolizem, rast, odpornost proti boleznim, reproduktivni potencial in, nenazadnje, zdravje, stanje in preživetje rib (Rice 2001, Barton in sod. 2002, Toft in sod. 2004). Odvisno od intenzivnosti in trajanja izpostavljenosti stresu in vrstno značilnih lastnosti se lahko ti negativni učinki prenesejo od posameznika na raven populacije ali združbe (Adams in Greeley 2000).



2.5 Vpliv multiplih obremenitev na vodne ekosisteme

Na vodne ekosisteme pogosto vpliva več obremenitev hkrati (Ormerod in sod., 2010; Schinegger in sod., 2012), npr. spremembe hidromorfoloških značilnosti in koncentracije hranil. Spremenjena raba tal na prispevnih površinah je ena najbolj pogostih posledic človekove dejavnosti, ki povzroča veliko različnih obremenitev hkrati (Allan, 2004) ter pomembno spreminja združbe vodnih organizmov (Kuhar in sod., 2011; Pavlin in sod., 2011). Kmetijska in urbana raba prispevnih površin vplivata na odtok vode in spiranje snovi iz kopnega okolja, v vodnem ekosistemu se poveča usedanje drobnih delcev, obremenjenost s hranili in onesnaženost s strupenimi snovmi, spremeni se tudi dinamika hidrološkega režima. S spremenjeno rabo tal neposredno ob vodnem telesu so povezane spremembe hidrološkega režima (trajanje nizkih pretokov, variabilnost pretokov, heterogenost toka) in morfoloških značilnosti vodotoka (heterogenost substrata, delež odmrlega lesa v strugi, senčenje), spremembe temperaturnega režima, nepopolno kroženje snovi in razširjanje tujerodnih vrst (Pavlin, 2012).

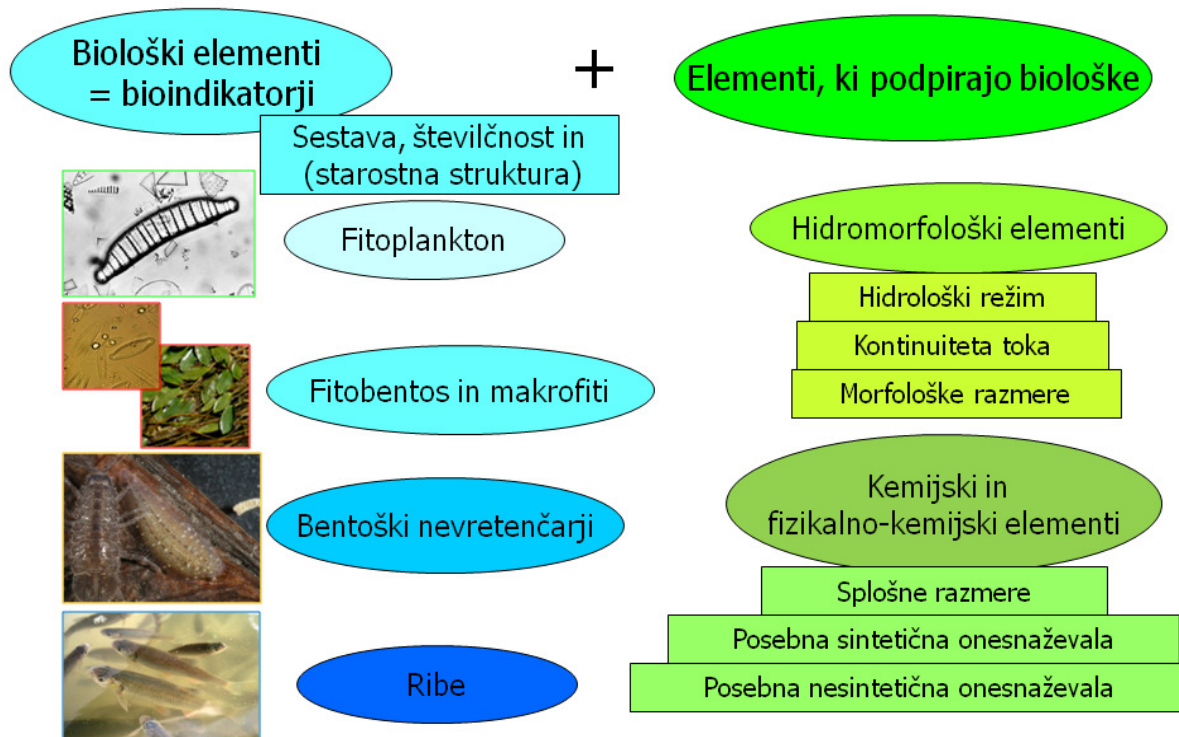
Ciljnih raziskav o vplivih več hkrati delujočih obremenitev na vodne ekosisteme ni veliko (npr. Ormerod in sod., 2010). Učinki hkratnega delovanja obremenitev na vodni ekosistem samo na podlagi znanja o učinkih posameznih obremenitev so težko napovedljivi in velikokrat nepričakovani, saj so med posameznimi obremenitvami velikokrat prisotne sinergistične ali antagonistične interakcije (Preston, 2002, Townsend in sod., 2008; Matthaei in sod., 2010). Pri analizi in napovedi učinkov več hkrati delujočih obremenitev je treba upoštevati še zakasnitveni učinek vpliva obremenitev (Harding in sod., 1998) ter klimatske spremembe (Ormerod in sod., 2010). Za potrebe trajnostnega upravljanja je potrebno poznavanje vplivov hkratnih obremenitev na združbe vodnega ekosistema ter sočasna določitev ključnih obremenitev, ki povzročajo spremembe združb vodnih organizmov. Določitev ključnih obremenitev je lahko težavna zaradi podobnega vpliva različnih obremenitev na združbe vodnih organizmov. Močne soodvisnosti so bile ugotovljene npr. med obremenitvijo z organskimi snovmi in hranili (Friberg in sod., 2009), med rabo tal prispevnih površin in spremembo hidromorfoloških značilnosti vodotokov (Feld in Hering, 2007) ali obremenitvijo s hranili (Niyogi in sod., 2007).

2.6 Vrednotenje ekološkega stanja

Vrednotenje ekološkega stanja voda je bilo uvedeno z Vodno direktivo (Direktiva 2000/60/ES). V ospredje je postavljen princip bioindikacije na podlagi združb organizmov in z upoštevanjem različnih združb vodnih organizmov oz. t.i. bioloških elementov. Po vodni



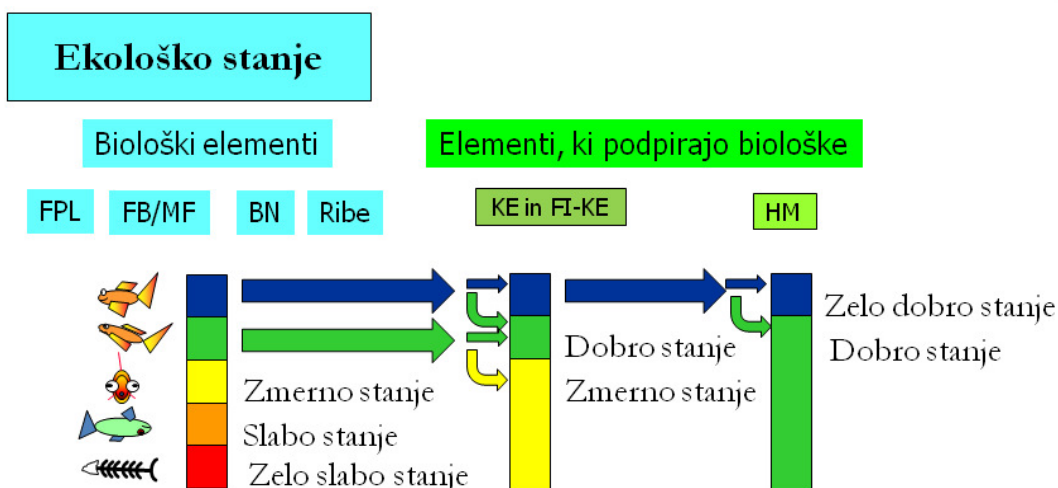
direktivi se vrednoti ekološko stanje rek na podlagi bioloških elementov kakovosti (fitoplankton, fitobentos in makrofiti, bentoški nevretenčarji, ribe) ter hidromorfoloških in fizikalno-kemijskih elementov kakovosti, ki podpirajo biološke elemente kakovosti (slika 6).



Slika . Biološki elementi kakovosti in elementi, ki podpirajo biološke elemente kakovosti za vrednotenja ekološkega stanja vodotokov v skladu z Vodno direktivo (Direktiva 2000/60/ES)

Ekološko stanje je odraz stanja vodnega ekosistema in vključuje tako kakovost vode, kot tudi kakovost habitata vključno s hidrološkimi razmerami. Ekološko stanje voda v skladu z Vodno direktivo (Direktiva 2000/60/EC) vrednotimo na podlagi bioloških elementov kakovosti ter hidromorfoloških in fizikalno-kemijskih elementov kakovosti, ki podpirajo biološke elemente kakovosti (sliki 6 in 7). Izhodišče vrednotenja ekološkega stanja so za tip voda oz. vodnega telesa značilne referenčne razmere (biološke) in za tip značilne razmere (hidromorfološke in fizikalno-kemijske), ki predstavljajo izhodišče, s katerim primerjamo ugotovljene vrednosti elementov kakovosti na izbranih mestih vzorčenja.

Biološki elementi oz. bioindikatorji so osnova vrednotenja ekološkega stanja. Na podlagi bioloških elementov ugotavljamo vpliv različnih antropogenih obremenitev (obremenitev z organskimi snovmi, bogatenje s hranili, hidromorfološke spremembe, zakisljevanje, vpliv toksičnih snovi idr.). Vpliv obremenitev na vodni ekosistem vrednotimo na podlagi različnih bioloških elementov kakovosti oz. združb vodnih organizmov, vendar ekološkega stanja vseh voda (npr. vodotoki, jezera, somornice in obalno morje) ne vrednotimo z istimi biološkimi elementi kakovosti.



Slika . Razvrščanje v razrede ekološkega stanja v skladu z Vodno direktivo (Direktiva 2000/60/ES). FPL – fitoplankton, FB/MP – fitobentos in makrofiti, BN – bentoški nevretenčarji. KE in FI-KE – kemijski in fizikalno kemijski elementi, HM – hidromorfološki elementi

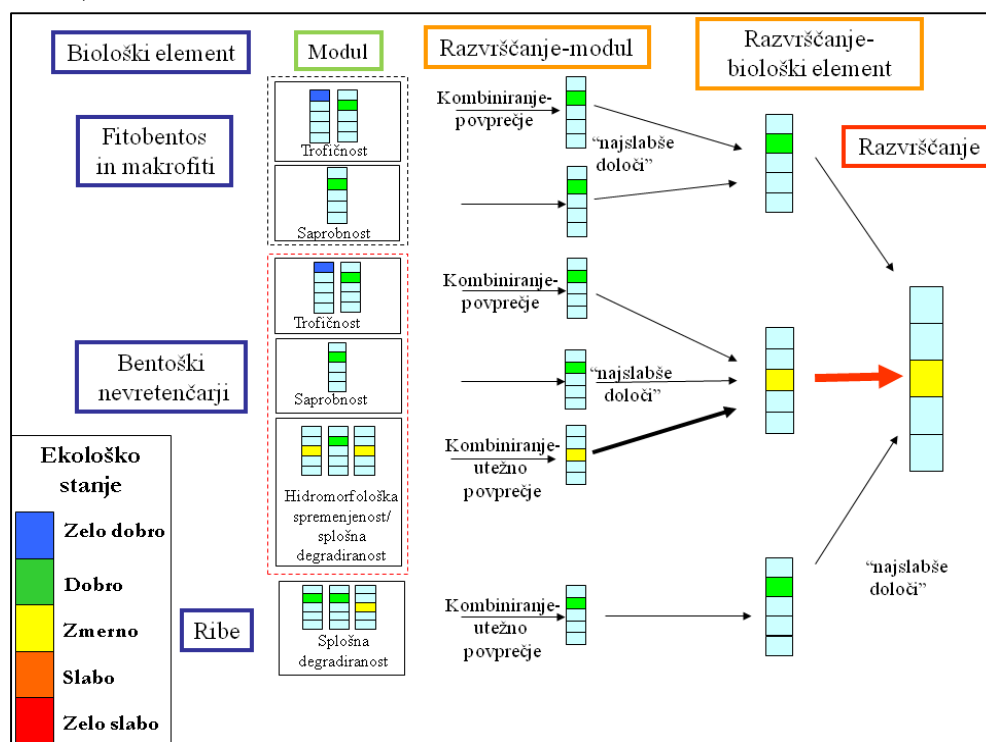
V skladu z Vodno direktivo (Direktiva 2000/60/ES) so države članice obvezane izvesti interkalibracijo oz. primerjavo in uskladitev mejnih vrednosti za razred dobro ekološko stanje. S tem naj bi se zagotovilo, da se meje med razredi določijo skladno z normativnimi opredelitvami iz oddelka 1.2 Vodne direktive in so tako primerljive med državami članicami. V letu 2013 je bila objavljena Odločba Komisije z dne 20. septembra 2013 o določitvi vrednosti za razvrščanje po sistemih spremljanja stanja v državah članicah, ki so rezultat postopka interkalibracije, v skladu z Direktivo Evropskega parlamenta in Sveta 2000/60/ES in preklicom Odločbe 2008/915/ES (UL L št. 266 z dne 8. 10. 2013). S tem so bile objavljene dopolnjene metodologije vrednotenja ekološkega stanja in mejne vrednosti med razredi ekološkega stanja, ki so bile usklajene v procesu interkalibracije, hkrati pa so bile preklicane mejne vrednosti iz Odločbe komisije o rezultatih iz prve faze interkalibracije objavljene leta 2008.

2.6.1 Vrednotenje ekološkega stanja vodotokov v Sloveniji

V Sloveniji so bile razvite metodologije vrednotenja ekološkega stanja vodotokov na podlagi več bioloških elementov (slika 8), vendar metodologije vrednotenja še niso razvite na podlagi vseh relevantnih bioloških elementov oz. za vse ekološke tipe voda (Urbanič in sod. 2013, Podgornik in Urbanič 2014). Na podlagi bentoških nevretenčarjev so bile v Sloveniji razvite tri vrste indeksov za vrednotenje ekološkega stanja rek: Slovenska verzija saprobnega indeksa (SIG3, Urbanič in sod., 2006, 2013) za ovrednotenje obremenitve z organskimi snovmi, Multimetrijski indeks trofičnosti na podlagi rečne favne (MBIRTI, Pavlin Urbanič in Urbanič, 2012; Urbanič in sod., 2013) za ovrednotenje eutrofikacije in spremenjene rabe zemljišč ter Slovenski multimetrijski indeks vpliva hidromorfološke spremenjenosti/splošne degradiranosti



(SMEIH; Urbanič in Tavzes, 2006; Urbanič, 2009, Urbanič in Petkovska, 2007, 2012a, 2012b, 2013). Na podlagi fitobentosa in makrofitov vrednotimo ekološko stanje rek v Sloveniji s Saprobnim indeksom, Trofičnim indeksom in Indeksom rečnih makrofitov (Kosi in sod., 2006a,b, Kuhar in sod., 2011, Urbanič in sod., 2013). Z imenovanimi indeksi vrednotimo vplive obremenitve rek z organskimi snovmi ter eutrofikacijo in spremenjeno rabo zemljišč. V skladu z vodno direktivo je v Sloveniji za vrednotenje ekološkega stanja rek z ribami razvit nov indeks (Slovenski indeks za vrednotenje ekološkega stanja rek na podlagi rib SIFAIR). Indeks SIFAIR vključuje vse v vodni direktivi predpisane značilnosti ribje združbe, na podlagi katerih vrednotimo ekološko stanje: taksonomsko sestavo, številčnost vrst, njihovo biomaso in starostno strukturo. Do sedaj smo razvili dve različici indeksa, eno za subekoregiji Alpe-donavske porečje (Podgornik in Urbanič, 2011) in Alpe-jadransko povodje (Podgornik in Urbanič, 2012a,b), drugo pa za ekoregijo Panonska nižina (Podgornik in Urbanič, 2014). Koncept vrednotenja kakovosti voda na podlagi fizikalnokemijskih parametrov se uporablja že zelo dolgo. Z vodno direktivo je tako kot za vse druge elemente bilo treba uporabiti t.i. za tip značilni pristop, kjer so mejne vrednosti določene za posamezni tip vodotoka. V Sloveniji imamo mejne vrednosti v skladu z vodno direktivo določene za parametre BPK5, nitrat, celotni fosfor in ortofosfat (Urbanič in sod., 2013). Za vrednotenje ekološkega stanja na podlagi hidromorfoloških elementov kakovosti je bilo v Evropi razvitih več metod (Rinaldi in sod., 2013), tudi Slovenski hidromorfološki sistem (SIHM; Tavzes in Urbanič, 2009; Urbanič in sod., 2013). Po sistemu SIHM temelji ocena morfoloških značilnosti in sprememb na prilagojenem popisu rečnih habitatov na izbranem 500 m odseku (RHS; Raven in sod. 1998, 2003), z dodeljenimi utežmi za posamezne značilnosti. Poleg tega zajema sistem SIHM oceno vzdolžne povezanosti z upoštevanjem prečnih objektov in pritokov v prispevnem območju reke. Indeksi sistema SIHM kažejo dobro povezanost z združbami bentoških nevretenčarjev in so bili uporabljeni pri razvoju sistemov za vrednotenje vpliva hidromorfološke spremenjenosti/splošne degradiranosti na ekološko stanje voda na podlagi bentoških nevretenčarjev (indeks SMEIH; npr. Urbanič, 2014). Sistem SIHM ne zajema ocen hidroloških elementov kakovosti (količina in dinamika vodnega toka, povezava s telesi podzemne vode), za katere je treba še razviti sistem, usklajen z biološkimi elementi kakovosti.



Slika . Razvrščanje vodnih teles vodotokov na podlagi bioloških elementov kakovosti (Urbanič in sod., 2013)

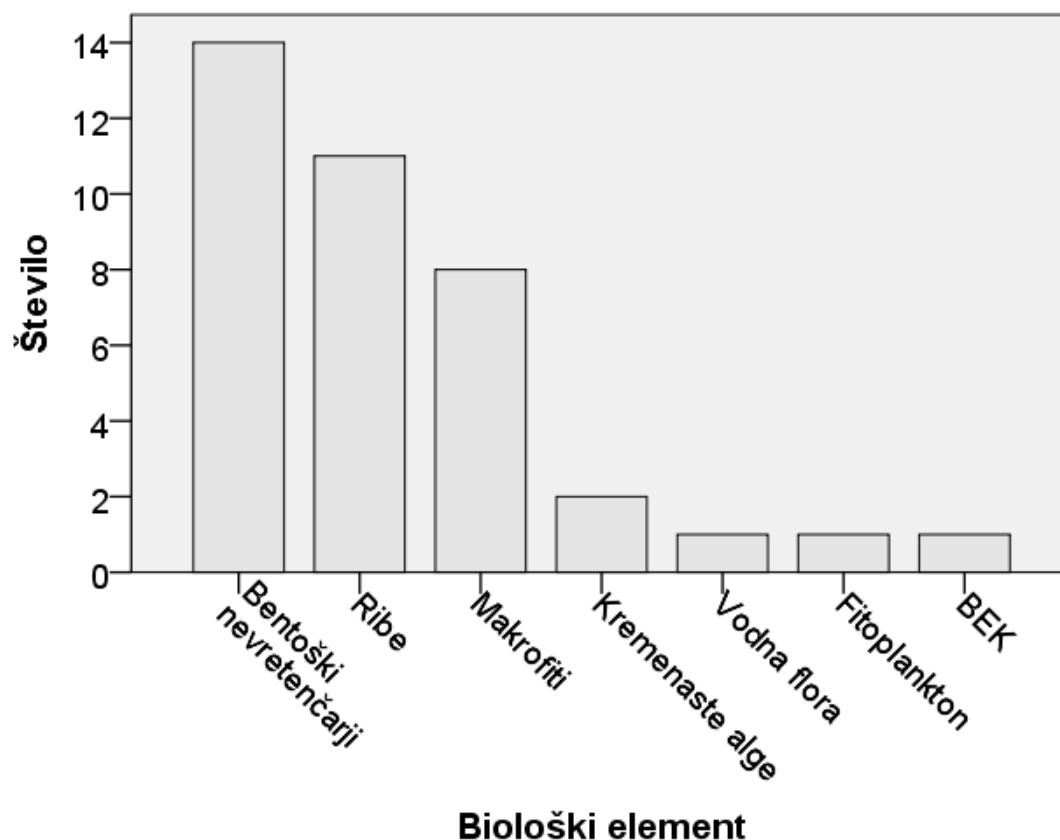
2.6.2 Vrednotenje vpliva hidromorfološke spremenjenosti na podlagi bioloških elementov kakovosti

Za vrednotenje ekološkega stanja voda na podlagi bioloških elementov kakovosti je bilo v Evropi razvitih skoraj 300 metod (Birk in sod., 2013; Rinaldi in sod., 2013). Od tega je bilo za vodotoke razvitih približno 100 metod.

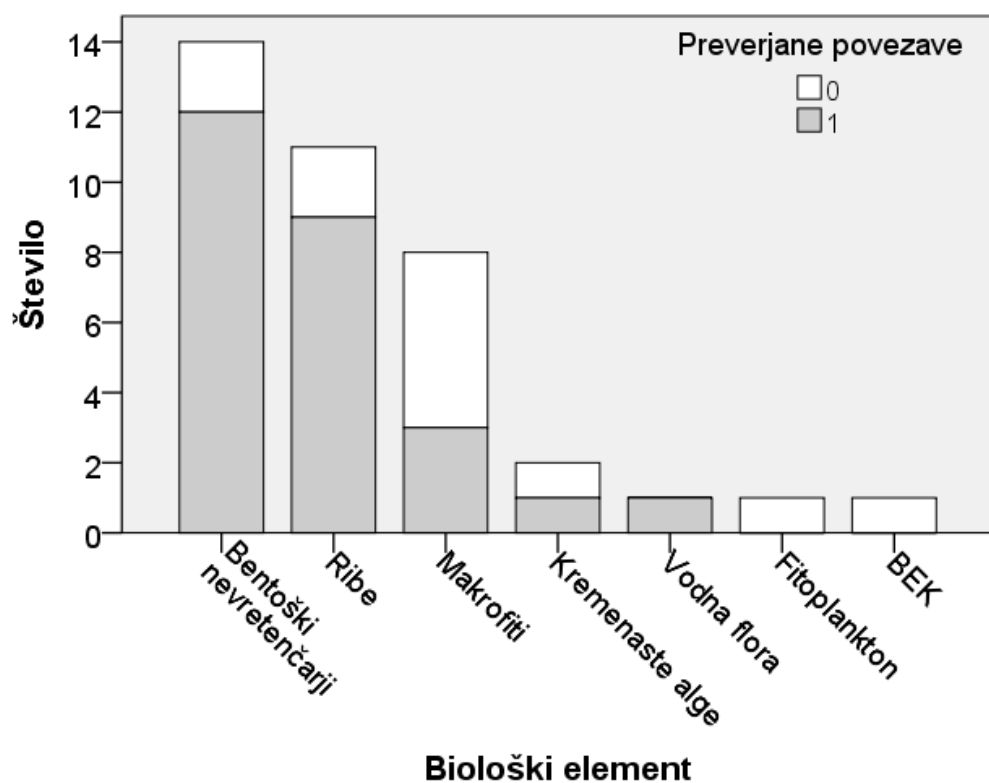
Pregledali smo odgovore na vprašanja o značilnosti nacionalnih metod vrednotenja ekološkega stanja, ki se uporabljajo v državah članicah Evropske Unije za vrednotenje ekološkega stanja vodotokov in so jih zbrali v evropskem projektu Wiser (Birk et al. 2010). Ugotovili smo, da se na podlagi posameznih bioloških elementov kakovosti vrednotijo vplivi različnih obremenitev na vodotoke, pri čemer so najpogostejše omenjani obremenitev z organskimi snovmi, eutrofikacija, zakisljevanje, spremembe hidromorfoloških značilnosti in splošna degradiranost. Vpliv hidromorfološke spremenjenosti zazna 38 metod vrednotenja (slika 9). Največ metod, ki zazna vpliv hidromorfološke spremenjenosti je bilo razvitih na podlagi bentoških nevretenčarjev (14), rib (11) in makrofitov (8), medtem ko na podlagih ostalih bioloških (pod) elementov le izjemoma (slika 10). Za večino metod je bila preverjana povezanost med metodo vrednotenja in hidromorfološkimi obremenitvami, vendar redko pri makrofitih (11). Za manj kot polovico metod s katerimi je možno vrednotiti tudi vpliv hidromorfološke značilnosti, je bilo posebej izpostavljeno, da zaznavajo tudi vpliv



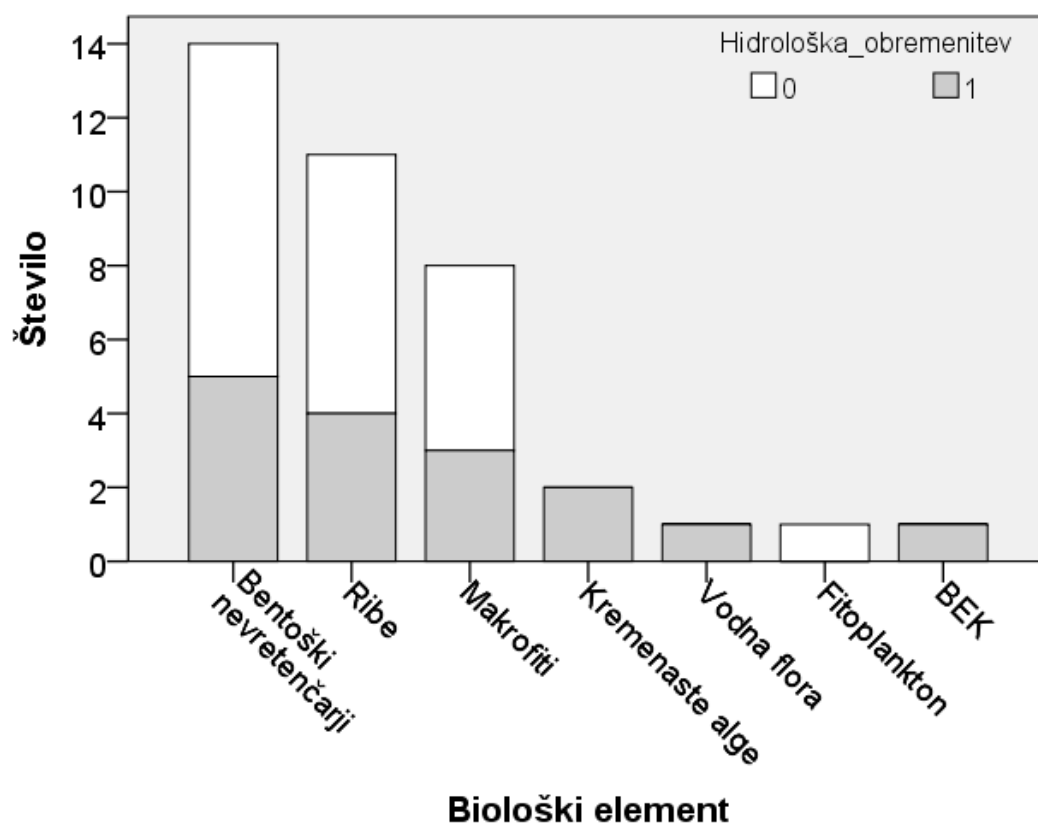
spremenjenih hidroloških značilnosti. Večina metod zaznava tudi vplive drugih obremenitev (sliki 12 in 13). Za štiri metode na podlagi bentoških nevretenčarjev in tri metode na podlagi rib je bilo izpostavljeno, da zaznavajo predvsem vpliv hidromorfoloških značilnosti, pri čemer za eno metodo vpliv sploh ni bil preverjan.



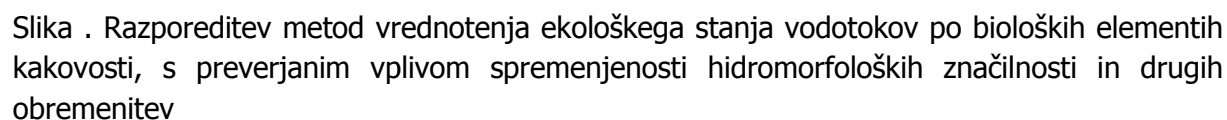
Slika . Razporeditev metod vrednotenja ekološkega stanja vodotokov po bioloških elementih kakovosti, ki naslavljajo vpliv spremenjenosti hidromorfoloških značilnosti

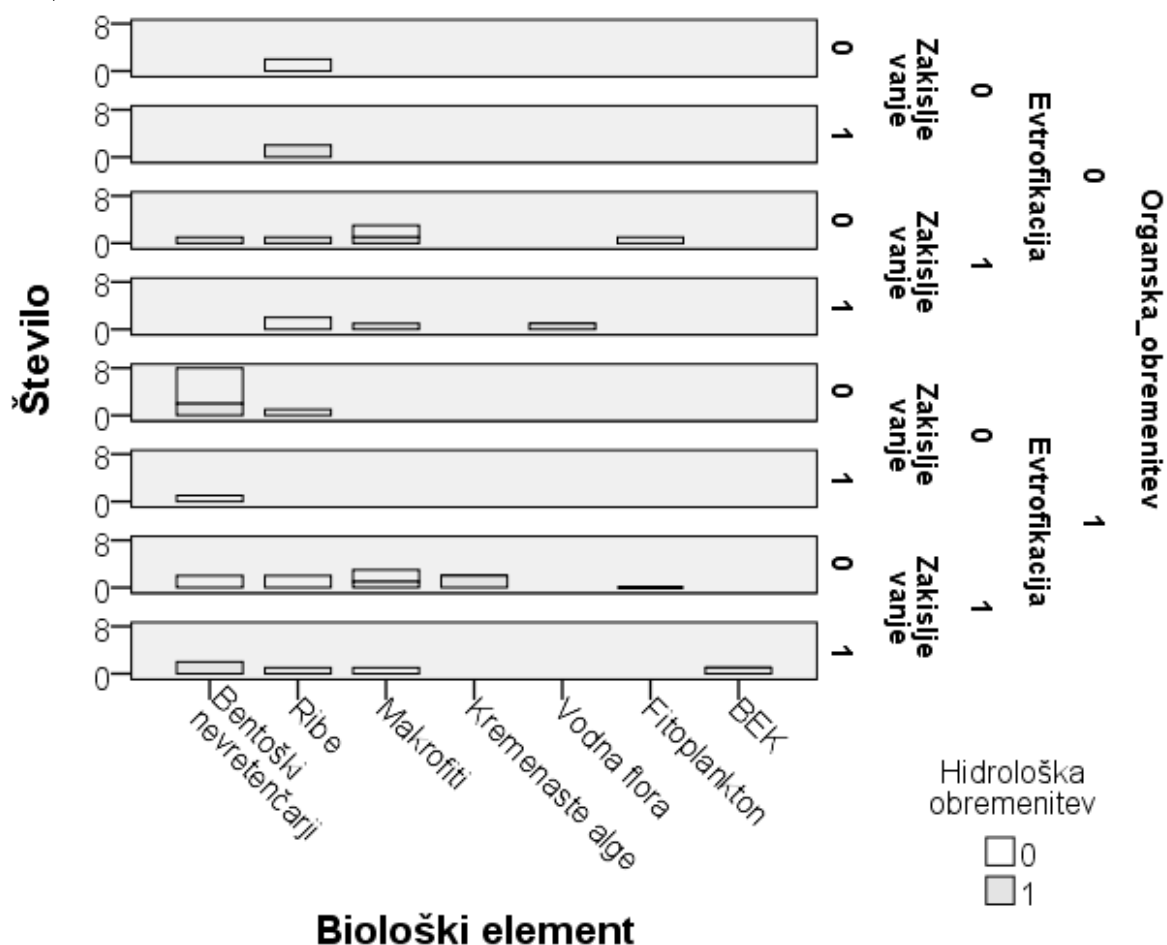


Slika . Razporeditev metod vrednotenja ekološkega stanja vodotokov po bioloških elementih kakovosti, s preverjanim vplivom spremenjenosti hidromorfoloških značilnosti



Slika . Razporeditev metod vrednotenja ekološkega stanja vodotokov po bioloških elementih kakovosti, ki naslavljajo vpliv spremenjenosti hidromorfoloških značilnosti s posebej izpostavljeno hidrološko obremenitvijo





Slika . Razporeditev metod vrednotenja ekološkega stanja vodotokov po bioloških elementih kakovosti, s vplivom spremenjenosti hidromorfoloških značilnosti s posebej izpostavljeno hidrološko obremenitvijo in drugih obremenitev

2.7 Viri

Adams, S.M. & Greeley, M.S. 2000. Ecotoxicological indicators of water quality: using multi-response indicators to assess the health of aquatic ecosystems. Water Air and Soil Pollution 123: 103–115.

Almodovar, A. in Nicola, G.G. 1999. Effects of a small hydropower station upon brown trout *Salmo trutta* L. in the River Hoz Seca (Tagus basin, Spain) one year after regulation. Regulated Rivers: Research & Management. 15: 477–484.

Anderson, E.P., Freeman, M.C. in Pringle, C.M. 2006. Ecological consequences of hydropower development in Central America: impacts of small dams and water diversion on neotropical stream fish assemblages. River Research and Applications 22: 397–411.



- Apesteguia, C., Marta, J. 1979. Producción de biofilm en ambientes acuáticos del río Paraná Medio. II: Medición de la velocidad de producción media e instantánea. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral*, 10, pp.39–48.
- Ayllon, D., Almodovar, A., Nicola, G.G., Parra, I. in Elvira, B. 2012. A new biological indicator to assess the ecological status of Mediterranean trout type streams. *Ecological Indicators* 20: 295–303.
- Barton, B.A., Morgan, J.D., Vijayan, M.M. 2002. Physiological condition-related indicators of environmental stress in fish. In: Adams, S.M., ed. *Biological Indicators of Aquatic Ecosystem Stress*. Bethesda, MD: American Fisheries Society, pp. 111–148.
- Bergey, E.A., Bunlue, P., Silalom, S., Thapanya, D., Chantaramongkol, P. 2010. Environmental and biological factors affect desiccation tolerance of algae from two rivers (Thailand and New Zealand) with fluctuating flow. *Journal of the North American Benthological Society*, 29(2), pp.725–736.
- Biggs. 1988. Algal proliferations in New Zealand's shallow stony foothills-fed rivers: Towards a predictive model. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, 23, pp.1405–1411.
- Biggs, B.J.F., Close, M. E. 1989. Peryphiton biomass dynamics in gravel bed rivers: the relative effects of flows and nutrients. *Freshwater Biology*, 22, s. 209 - 231.
- Biggs, B.J.F., Goring, D. G., Nikora, V. I. 1998a. Subsidy and stress responses of stream periphyton to gradients in water velocity as a function of community growth form. *Journal of Phycology*, 34, pp. 598–607.
- Biggs, B.J.F., Duncan, M. J., Suren A.M., Holomuzki J.R. 2001. The importance of bed sediment stability to benthic ecosystems of streams. In: M.P. Mosley, ed. *Gravel-bed rivers*, 5. Wellington (NZ): New Zealand Hydrological society, pp.423–450.
- Biggs, B.J.F. 1990. Periphyton communities and their environments in New Zealand rivers. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 24, pp.367–386.
- Biggs, B.J.F. 1996a. Patterns in Benthic Algae of Streams. In: R.J. Stevenson (ur.), M.L. Bothwell (ur.), R.L. Lowe (ur.), *Algal ecology. Freshwater benthic ecosystems (Aquatic ecology series)*. San Diego: Academic Press, pp.31–56.
- Biggs, B.J.F. 1996b. Hydraulic habitat of plants in streams. *Regulated Rivers: Research and Management*, 12, pp.131–144.
- Biggs, B.J.F. 2000. New Zealand Periphyton Guideline: detecting, monitoring and managing enrichment of streams. [online] Ministry for the Environment, Wellington, New Zealand. Available at: <<http://www.mfe.govt.nz/publications/water/nz-periphyton-guide-jun00.html>> [Accessed 5 May 2011].
- Biggs, B.J.F., Hickey, C.W. 1994. Periphyton responses to a hydraulic gradient in a regulated river in New Zealand. *Freshwater Biology*, 32, pp.49 – 59.



- Biggs, B.J.F., Smith, R. 2002. Taxonomic richness of stream benthic algae: Effects of flood disturbance and nutrients. *Limnology & Oceanography*, 47(4), pp.1175-1186.
- Biggs, B.J.F., Stokseth, S. 1996. Hydraulic habitat preferences for periphyton in rivers. *Regulated Rivers: Research and Management*, 12, pp.251-261.
- Biggs, J.F., Geoff Price, M. 1987. A survey of filamentous algal proliferations in New Zealand rivers. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 21, pp.175-192.
- Blinn, D. W., Shannon, J.P., Benenati, P.L., Wilson, K.P. 1998. Algal ecology in tailwater stream communities: the Colorado River below Glen Canyon Dam. Arizona. *Journal of Phycology*, 34, pp.734-740.
- Bona, F., La Morgia, V., Falasco, E. 2012. Predicting river diatom removal after shear stress induced by ice melting. *River Research and Applications*, 28, pp. 1289-1298.
- Bundi, U., Eichenberger, E. 1989. Wasserentnahme aus Fließgewässern: Gewässerökologische Anforderungen an die Restwasserführung (Water abstraction from running waters: water ecology requirements for minimum flows). (Schriftenreihe Umweltschutz 10), Wald und Landschaft Bern: Bundesamt für Umwelt.
- Connell J.H. 1978. Diversity in tropical rain forest and coral reefs. *Science* 199: 1302-1310.
- Cowx, I.G., Young, W.O., Hellawell, J.M. 1984. The influence of drought on the fish and invertebrate populations of an upland stream in Wales. *Freshwater Biology* 14, 165-177.
- Cowx, I.G., Welcomme R.L. 1998. Rehabilitation of Rivers for Fish. A study undertaken by the European Inland Fisheries Advisory Commission of FAO. Fishing News Books.
- Dent, C.L., Grimm, N.B. 1999. Spatial heterogeneity of river water nutrient concentrations over successional time. *Ecology*, 80, pp.2283-2298.
- Dewson, Z.S., James, A.B.W., Death, R.G. 2007a. Stream ecosystem functioning under reduced flow conditions. *Ecological Applications*, 17(6), pp.1797-1808.
- Dewson, Z.S., James A.B.W., Death, R.G. 2007b. Invertebrate community responses to experimentally reduced discharge in small streams of different water quality. *Journal North American Benthological Society*, 26(4), pp.754-766.
- Dufford, R.G., Zimmermann, H. J., Cline, L.D., Ward, J. V. 1987. Responses of epilithic algae to regulation of Rocky Mountain streams. In: J. F. Craig and J. B. Kemper, eds. *Regulated streams: advances in ecology*. Plenum Press. New York, pp.383-390.
- Extence C.A. 1981. The effect of drought on benthic invertebrate communities in a lowland river. *Hydrobiologia* 83: 217-224.
- Francoeur, S.N., Biggs, B.J.F. 2006. Short-term effects of elevated velocity and sediment abrasion on benthic algal communities. In: R.J. Stevenson, Y. Pan, J.P. Kociolek & J.C. Kingston (Eds.), *Advances in Algal Biology: A Commemoration of the Work of Rex Lowe*, *Hydrobiologia*, 561, pp.59-69.



- Fuller, R.L., Doyle, S., Levy, L., Owens, J., Shope, E., Vo, L., Wolyniak, E., Small, M.J., Doyle, M.W. 2011. Impact of regulated releases on periphyton and macroinvertebrate communities: the dynamic relationship between hydrology and geomorphology in frequently flooded rivers. *River Research and Applications*, 27, pp.630–645.
- Garnier, J., Billen, G., Sanchez, N. in Leporcq, B. 2000. Ecological functioning of the Marne reservoir (Upper Seine Basin, France). *Regulated Rivers: Research and Management* 16: 51–71.
- Graba, M., Sauvage, S., Moulin, F.Y., Urrea, G., Sabater, S., Sanchez-Pérez, J.M. 2013. Interaction between local hydrodynamics and algal community in epilithic biofilm. *Water Research*, 47, pp. 2153-2163.
- Grime, J. P. 1979. *Plant strategies and vegetation processes*. Princeton: John Wiley & Sons.
- Growns I.O., Growns J.E. 2001. Ecological effects of flow regulation on macroinvertebrate and periphytic diatom assemblages in the Hawkesbury-Nepean River, Australia. *Regulated Rivers: Research and Management*, 17(3), pp.275–293.
- Gunkel, G., Lange, U., Walde, D., Rosa, J.W.C. 2003. The environmental and operational impacts of Curu_a-Una, a reservoir in the Amazon region of Par_a, Brazil. *Lakes & Reservoirs: Research & Management* 8: 201–216.
- Harby, A, Noack, M. 2013. Rapid flow fluctuations and impacts on fish and the aquatic ecosystem. In *Ecohydraulics: An Integrated Approach*. Maddock, J, Harby, A, Kemp, P, Wood, P (eds). John Wiley & Sons; 323–335.
- Hart, D.D., Biggs, B.J.F., Nikora, V.I., Flinders, C.A. 2013. Flow effects on periphyton patches and their ecological consequences in a New Zealand river. *Freshwater Biology*, 58, pp.1588-1602.
- Horner, R.R., Welch, E.B., Veenstra, R.B. 1983. Development of nuisance periphytic algae in laboratory streams in relation to enrichment and velocity. In: R.G. Wetzel, ed. *Periphyton of Freshwater Ecosystems*. The Hague:Dr W. Junk Publishers, pp.121 - 134.
- Huet, M. 1949. Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux courantes. *Schweiz. Z. Hydrol.* 11, 322 - 351.
- Hynes, H.B.N. 1979. *The Ecology of Running Waters*. 4th ed. Liverpool:Liverpool University Press.
- James, A.W., Suren, A.M. 2009. The response of invertebrates to a gradient of flow reduction – an instream channel study in a New Zealand lowland river. *Freshwater Biology*, 54, pp.2225–2242.
- Keithan, E. D., Lowe, R.L. 1985. Primary productivity and spatial structure of phytolith growth in streams in the great Smoky Mountains National Park, Tennessee. *Hydrobiologia*, 123, pp.59–67.



- Konrad, C.P., Brasher, A.M.D., May, J.T. 2008. Assessing streamflow characteristics as limiting factors on benthic invertebrate assemblages in streams across the western United States. *Freshwater Biology* 53: 1983-1998.
- Fisher, S.G., Gray, L.J. Grimm, N.B., Busch, D.E. 1982. Temporal succession in a desert river ecosystem following flash flooding. *Ecological Monographs*, 52, pp.93–110. Koudelkova, B., 1999. Effects of the hydropower peaking on distribution of periphyton in the cross section of a regulated river. Dissertation abstract, Faculty of Sciences, Masaryk University in Brno, department of Zoology and Ecology.
- Hunter, M. 1992. Hydropower flow fluctuations and salmonids: a review of the biological effects, mechanical causes and options for mitigation. Technical report number 119. State of Washington Department of Fisheries: Olympia.
- Kubecka, J., Matena, J., Hartvich, P. 1997. Adverse ecological effects of small hydropower stations in the Czech Republic: 1. Bypass plants. *Regulated Rivers: Research & Management* 13: 101–113.
- Lake, P.S. 2003. Ecological effects of perturbation by drought in flowing waters. *Freshwater Biology* 48: 1161–1172.
- Lau, Y.L., Liu, D. 1993. Effect of flow rate on biofilm accumulation in open channels. *Water Research*, 27, pp.335–360.
- Lessard, J., Murray Hicks, D., Snelder, T.H., Arscott, D.B., Larned, S.T., Booker, D., Suren, A.M. 2013. Dam Design can Impede Adaptive Management of Environmental Flows: A Case Study from the Opuha Dam, New Zealand. *Environmental Management*, 51, pp. 459–473.
- Lowe, R.L. 1979. Phytobenthic ecology and regulation streams. In: J.V. Ward, J.A. Stanford, eds. *The Ecology of Regulated Streams*. New York: Plenum Press, pp.25-34.
- Mannes, S., Robinson, C. T., Uehlinger, U., Scheurer, T., Ortlepp, J., Mürle, U., Molinari, P. 2008. Ecological effects of a long-term flood program in a flow-regulated river. *Journal of alpine research*, 1, pp.125-134.
- Marcus, M.D. 1980. Periphytic community response to chronic nutrient enrichment by a reservoir discharge. *Ecology*, 61, pp.387–399.
- Martínez, A., Larrañaga, A., Basaguren, A., Pérez, J., Mendoza-Lera, C., Pozo, J. 2013. Stream regulation by small dams affects benthic macroinvertebrate communities: from structural changes to functional implications. *Hydrobiologia*, 711, pp. 31–42.
- McAllister, D., Craig, J., Davidson, N., Murray, D., Seddon, M. 2000. Biodiversity Impacts of Large Dams. Prepared for Thematic Review II.1: Dams, ecosystems functions and environmental restoration. Contributing paper to the World Commission on Dams.
- McCormick, P.V., Stevenson, R.J. 1991. Mechanisms of benthic algal succession in lotic environments. *Ecology*, 72, pp.1835–1848.



- McIntire, C.D. 1973. Periphyton dynamics in laboratory streams: a simulation model and its implications. *Ecological Monographs*, 43, pp.399–420.
- McMichael, G.A., Rakowski, C.L., James, B.B., Lukas, J.A. 2005. Estimated fall Chinook salmon survival to emergence in dewatered redds in a shallow side channel of the Columbia River. *North American Journal of Fisheries Management* 25: 876–884.
- Morin, A., Cattaneo, A. 1992. Factors affecting sampling variability of freshwater periphyton and the power of periphyton studies. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 49, pp.1695–1703.
- Mueller, M., Pander, J., Geist, J. 2011. The effects of weirs on structural stream habitat and biological communities. *Journal of Applied Ecology* 48: 1450–1461
- Nagrodski, A., Raby, G.D., Hasler, C.T., Taylor, M.K., Cooke, S.J. 2012. Fish stranding in freshwater systems: sources, consequences, and mitigation. *Journal of Environmental Management* 103: 133–141.
- Peroci, P., Smolar-Žvanut, N., Krivograd Klemenčič, A. 2009. Ocena vpliva odvzema vode iz vodotoka Oplotnica na hidromorfološke in fizikalno-kemijske dejavnike ter na združbo perifitona. *Natura Sloveniae*, 11(1), pp.5-23.
- Peterson, C.G., Stevenson, R.J. 1992. Resistance and Resilience of Lotic Algal Communities: Importance of Disturbance Timing and Current. *Ecology*, 73, 4, pp.1445 - 1461.
- Pires, A.M., Cowx, I.G., Coelho, M.M. 1999. Seasonal changes in fish community structure of intermittent streams in the middle reaches of the Guadiana basin, Portugal. *Journal of Fish Biology* 54: 235–249.
- Poff, N.L., Ward, J.V. 1990. The physical habitat template of lotic systems: recovery in the context of historical pattern of spatio-temporal heterogeneity. *Environmental Management* 14: 629–646.
- Poff, N.L., Allan, J.D., Bain, M.B., Karr, J.R., Prestegard, K.L., Richter, B., Sparks, R., Stromberg, J. 1997. The natural flow regime: a new paradigm for riverine conservation and restoration. *BioScience* 47:769-784.
- Power, M.E. 1990. Benthic turfs vs floating mats of algae in river food webs. *Oikos*, 58, pp.67–79.
- Quinn, J.M., Hickey C.W. 1990. Magnitude of effects of substrate particle size, recent flooding, and catchment development on benthic invertebrates in 88 New Zealand rivers. *N. Z. J. mar. Freshwat. Res.* 24: 393–409.
- Reiter, M.A. 1986. Interactions between the hydrodynamics of flowing water and the development of a benthic algal community. *The Journal of Freshwater Ecology*, 3, pp.511–517.



- Resh, V.H., Brown, A.V., Covich, A.P., Gurtz, M.E., Li, H.W., Minshall, G.W., Reice, S.R., Sheldon, A.L., Wallace, J.B., Wissmar, R.C. 1988. The role of disturbance in stream ecology. *Journal of the North American Benthological Society* 7: 433–455.
- Rice, C.D. 2001. Fish immunotoxicology. In: Schlenk, D. & Benson, W., eds. Target organ toxicity in marine and freshwater teleosts. New York: CRC Press. 382 pp.
- Robinson, C.T., Uehlinger, U. 2008. Experimental floods cause ecosystem regime shift in a regulated river. *Ecological Applications*, 18(2), pp.511-526.
- Rolls, R.J., Leigh, C., Sheldon, F. 2012. Mechanistic effects of low-flow hydrology on riverine ecosystems: ecological principles and consequences of alteration. *Freshwater Science* 31: 1163–1186.
- Santos, J.M., Ferreira, M.T., Pinheiro, A.N., Bochechas, J.H. 2006. Effects of small hydropower plants on fish assemblages in medium-sized streams in central and northern Portugal. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 16: 373–388.
- Schmutz, S., Bakken, T.H., Friedrich, T., Greimel, F., Harby, A., Jungwirth, M., Melcher, A., Unfer G., Zeiringer B. 2014. Response of fish communities to hydrological and morphological alterations in hydropeaking rivers of Austria. *River Res. Applic.* Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/rra.2795
- Schmutz, S., Melcher, A., Jungwirth, M., Schinegger, R., Unfer, G., Wiesner, C., Zeiringer, B. 2010. Hydro peaking in Austria and its effects on aquatic organisms. In *Abstract Book - 8th International Symposium on Ecohydraulics 2010. Bridging between Ecology and Hydraulics and Leading the Society's New Need - Living with Nature*.
- Scruton, D.A., Pennell, C., Ollerhead, L.M.N., Alfredsen, K., Stickler, M., Harby, A., Robertson, M., Clarke, K.D., LeDrew, L.J. 2008. A synopsis of "hydropeaking" studies on the response of juvenile Atlantic salmon to experimental flow alteration. *Hydrobiologia* 609: 263–275.
- Shannon, J.P., Blinn, D.W., Stevens, L.E. 1994. Trophic interactions and benthic animal community structure in the Colorado River, Arizona, U.S.A. *Freshwater Biology*, 31, pp.213–220.
- Shaver, M.L., Shannon, J.P., Wilson, K.P., Benenati, P.L., Blinn, D.W. 1997. Effects of suspended sediment and desiccation on the benthic tailwater community in the Colorado River, USA. *Hydrobiologia*, 357, pp.63–72.
- Skulberg, O.M. 1984. Effects of stream regulation on algal vegetation. In: A. Lillehammer, S. J. Saltveit, eds. *Regulated Rivers*. University Oslo Press. Oslo, pp.107–124.
- Smolar-Žvanut, N. Ocena vpliva odvzema vode iz različnih tipov vodotokov na perifiton v času nizkih pretokov. *Mag.naloga*, Ljubljana, BF, Oddelek za biologijo 120p.
- Smolar-Žvanut, N. 2000. Vloga perifitonskih alg pri določanju ekološko sprejemljivega pretoka v tekočih vodah. *Dokt.dis.* Ljubljana, BF, Oddelek za biologijo.



- Smolar-Žvanut, N. 2001. The role of periphytic algae in the determination of the ecologically acceptable flow in running waters. *Acta hydrotechnica*, 19(30), pp.65-89.
- Smolar-Žvanut, N., Vrhovšek, D., Kosi, G. Effects of low flow on periphyton in three different types of streams in Slovenia. In: *Advances in river bottom ecology*, Bretschko, G., Helešic, J. (Eds.), Leiden: Backhuys, 1998, pp. 107-116.
- Smolar-Žvanut, N., Krivograd Klemenčič, A. 2011. Sprememba sestave fitobentosa po odvzemu vode za hidroelektrarne na Kokri in Selški Sori v slovenskih Alpah [online]. *Natura Sloveniae* 13(1), 5-23. http://web.bf.uni-lj.si/bi/NATURA-SLOVENIAE/pdf/NatSlo_13_1_1.pdf (Accessed on 6.8.2014)
- Smolar-Žvanut, N., Krivograd Klemenčič, A. 2013. The Impact of Alterend Flow Regime on Periphyton. In: *Ecohydraulics: An Integrated Approach*, First Edition, Maddock, I., Harby, A., Kemp, P., Wood, P. (Eds), JohnWiley & Sons, Ltd.
- Smolar-Žvanut, N., Mikoš, M. 2014. The impact of flow regulation by hydropower dams on the periphyton community in the Soča River, Slovenia. *Hydrological Sciences Journal* 59(5), pp. 1032-1045.
- Smolar-Žvanut, N., Mikoš, M., Breznik, B. 2005. The impact of the dam in the Bistrica River on the aquatic ecosystem. *Acta hydrotechnica*, 23(39), pp.99-115.
- Smolar-Žvanut, N., Vrhovšek, D., Istenič, D., Lovka, M., Vrhovšek, M. in sod. 2014. Poročilo o izvajanju monitoringa v času gradnje in obratovanja ČHE Avče v letih 2006-2013. Ljubljana, 119 str.
- Steinberg, C., Calmano T., Klapper H., Wilken R.D. 1996. *Handbuch Angewandte Limnologie: Grundlagen; Gewässerbelastung Restaurierung. Aquatische Oekotoxikologie Bewertung. Gewässerschutz. 20. Ergänzungslieferung.* Ecomed. Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme.
- Stevenson, R.J., Bothwell, M.L., Lowe, R.L. 1996. *Algal ecology. Freshwater benthic ecosystems.* San Diego: Academic Press.
- Stevenson, R.J. 1996. The Stimulation and Drag of Current. V: *Algal Ecology Freshwater Benthic Ecosystems* (eds. Stevenson, R.J. / Bothwell, M.L. / Lowe, R.L.), Academic Press, pp.141-168.
- Stevenson, R.J. 1983. Effects of currents and conditions simulating autogenically changing microhabitats on benthic diatom immigration. *Ecology*, 64, pp.1514–1524.
- Suren, A. M. 2005. Effects of deposited sediment on patch selection by two grazing stream invertebrates. *Hydro-biologia*, 549, pp.205–218.
- Suren, A.M., Biggs, B.J.F., Kilroy, C., Bergey, L. 2003a. Benthic community dynamics during summer low-flows in two rivers of contrasting enrichment 1. Periphyton. *New Zealand, Journal of Marine and Freshwater Research*, 37, pp.53–70.



- Suren, A.M., Biggs, B.J.F., Kilroy, C., Bergey, L. 2003a. Benthic community dynamics during summer low-flows in two rivers of contrasting enrichment 1. Periphyton. New Zealand, *Journal of Marine and Freshwater Research*, 37, pp.53–70.
- Suren, A.M., Riis, T. 2010. The effects of plant growth on stream invertebrate communities during low flow: a conceptual model. *Journal of the North American Benthological Society*, 29(2), pp.711–724.
- Tang, T., Qian Niu, S., Dudgeon, D. 2013. Responses of epibenthic algal assemblages to water abstraction in Hong Kong streams. *Hydrobiologia*, 703, pp. 225–237.
- Tarman, K. 1992. Osnove ekologije in ekologije živali. Državna založba Slovenije, Ljubljana. Str.132-138.
- Toft, G., Baatrup, E., Guillette, L.J. 2004. Altered social behavior and sexual characteristics in mosquitofish (*Gambusia holbrooki*) living downstream of a paper mill. *Aquatic Toxicology* 70: 213–222.
- Tome, D. 2006. Ekologija organizmi v prostoru in času. Tehniška založba Slovenije.
- Uehlinger, U., Kawecka, B., Robinson, C.T. 2003. Effects of experimental floods on periphyton and stream metabolism below a high dam in the Swiss Alps (River Spöl). *Aquatic Sciences*, 65, pp.199–209.
- Villeneuve, A., Montuelle, B., Bouchez, A. 2010. Influence of slight differences in environmental conditions (light, hydrodynamics) on the structure and function of periphyton. *Aquatic Sciences* 72, pp.33–44.
- Vymazal, J. 1988. The use of periphyton communities for nutrient removal from polluted streams. *Hydrobiologia*, 166, pp.225-237.
- Ward, J. V. 1976. Comparative limnology of differentially regulated sections of a Colorado mountain river. *Archives of Hydrobiology*, 78, pp.319–342.
- Ward, J. V., Stanford, J.A. 1983. The serial discontinuity concept of lotic ecosystems. In: T. D. Fontaine, S. M. Bartell, eds. *Dynamics of lotic ecosystems*. Ann Arbor Science, Ann Arbor. Michigan, pp.29–42.
- Williams, D.D. 1996. Environmental constraints in non-perennial fresh waters and their consequences for the insect fauna. *Journal of the North American Benthological Society* 15:634–650.
- Xenopoulos, M.A., Lodge, D.M. 2006. Going with the flow: using species-discharge relationships to forecast losses in fish biodiversity. *Ecology* 87: 1907–1914.
- Xia J., Hou, J., Miao, L., Dai S. 2014. Growth Process of Periphytic Biofilm under Defined Local Hydrodynamic Conditions. *Advanced Materials Research*, 850-851, pp. 1229-1233.



- Xue, J.Z., Ye, L., Cai, Q.H., Liu, J.K. 2006. Variation of cladocerans from Maoping to Guizhou in the Three Gorges Reservoir before and after impoundment. *Acta Hydrobiologica Sinica* 30: 58–63.
- Young, P.S., Cech, J.J., Thompson, L.C. 2011. Hydropower-related pulsed-flow impacts on stream fishes: a brief review, conceptual model, knowledge gaps, and research needs. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 21: 713–731.



3 METODE DOLOČANJA EKOLOŠKO SPREJEMLJIVEGA PRETOKA (Q_{ES})

Namen Delovnega sklopa 3 je pregledati metodologije za določanje ekološko sprejemljivega pretoka (v nadaljevanju Q_{ES}) ter smernice o ekoloških pretokih, ki so bile pripravljene na ravni Evropske Unije.

3.1 Izrazi in definicija ekološko sprejemljivega pretoka

Koncept ekološko sprejemljivega pretoka (Q_{ES}) pomeni ohranjanje vodnega in obvodnega ekosistema, zato za njegovo določanje ne moremo upoštevati samo hidroloških parametrov, temveč mora določanje potekati interdisciplinarno na podlagi hidroloških, hidravličnih, bioloških, ekoloških, fizikalno kemijskih ter morfoloških parametrov. Količinsko določanje Q_{ES} je izredno težka naloga zaradi pomanjkanja predvidljivih povezav med rabo vode in ekologijo. Da bi določili Q_{ES} , je potrebno opredeliti jasne cilje (Dyson in sod., 2003). Cilji morajo imeti merljive kazalnike, ki lahko služijo kot osnova za dodelitev uporabe vode. V zadnjih desetletjih je bila razvita vrsta metod, pristopov in okvirjev za upravljanje s pretoki, za pomoč pri določitvi Q_{ES} . »Metode« se običajno ukvarjajo s posebnimi ocenami ekoloških zahtev, »pristopi« so načini dela za izpeljavo ocen s pomočjo ekip strokovnjakov, »okvirji« pa zagotavljajo širšo strategijo za presojo Q_{ES} . Ponavadi se uporablja ena ali več metod ter določen pristop. Izbira določene metode je pogojena z razpoložljivimi podatki in tipom problema, ki ga želimo obravnavati (Dyson in sod., 2003).

V literaturi so omenjeni različni izrazi in definicije za pretok vode, ki ga je potrebno zagotavljati v strugi: minimalni pretok sta Bindi in Eichenberger (1989) definirala kot pretok, ki se v vodotoku pojavlja najbolj pogosto (Q_{300}). V nemško govorečih državah so najpogosteje uporabljali pojme minimalni pretok in ostanek vode (Mader, 1992). Gippel in Stewardson (1998) omenjata pretok vode za ohranjanje ribje populacije kot optimalni pretok, minimalni okoljski pretok in okoljski pretok, ki omogoča preživetje. Petts in Maddock (1995) sta omenjala metode določevanja minimalnega ekološkega pretoka, v študiji Ekološko sprejemljiv pretok (Institute of Hydrology in Institute of Freshwater Ecology, 1993) pa so uporabili pojem ekološko sprejemljiv pretok.

Dyson in sod. (2003) so definirali okoljski pretok kot vodni režim v vodotoku, mokrišču ali obalnem območju, ki ohranja ekosistem in njegove koristi na območjih, kjer prihaja do odvzemov vode in kjer so pretoki vode zaradi človekovih dejavnosti spremenjeni. Meitzen in sod. (2013) so definirali okoljski pretok, ki temelji na potrebah ekologije in prispeva k trajnostnemu upravljanju z vodami, podpira zdrave rečne habitate in zagotavlja ustrezne količine vode za človekove potrebe. Brisbanska deklaracija iz leta 2007 opredeljuje izraz okoljski pretok, kot količino, čas in kakovost vode, ki so potrebni za ohranjanje celinskih ali



morskih ekosistemov ter človekovega preživetja in blaginje, ki sta odvisni od teh ekosistemih. Brown in King (2003) navajata, da je okoljski pretok obsežen pojem, ki zajema vse dele reke, je dinamičen v času, kaže na potrebo po naravni spremenljivosti vodnega toka in se nanaša na socialna in gospodarska vprašanja.

V Evropskih smernicah za ekološke pretoke (2014) je uporabljen izraz ekološki pretok in je v okviru vodne direktive obravnavan kot vodni režim, ki je skladen z doseganjem okoljskih ciljev vodne direktive v vodnih telesih površinskih voda, kot je navedeno v členu 4 (1) vodne direktive, pri čemer se okoljski cilji nanašajo na:

- ne-poslabšanje obstoječega stanja voda,
- doseganje dobrega ekološkega stanja v vodnih telesih površinskih voda,
- skladnost s standardi in cilji za zavarovana območja, vključno s tistimi, ki so določeni za varstvo habitatov in vrst, pri katerih je ohranjanje ali izboljšanje stanja voda pomemben dejavnik za njihovo varstvo, vključno z območji Natura 2000, določenimi v skladu z Direktivo o pticah in Habitatno direktivo.

Po svetu ne obstaja splošno dogovorjena opredelitev izraza ekološko sprejemljiv pretok. V zadnjih letih se v evropskih državah najpogosteje uporabljata izraza ekološki pretok in okoljski pretok, prav tako se njune definicije pogosto razlikujejo. V poročilu smo uporabljali izraz ekološko sprejemljiv pretok (Qes).

3.2 Pregled metod za določanje ekološko sprejemljivega pretoka

V preteklosti smo bili priča hitremu širjenju metodološkega razvoja in uporabe metod določanja Qes (Acreman in sod., 2014). Metode, ki so bile uporabljene in, ki se še vedno uporabljajo po svetu, povzemajo mnogi članki in poročila (Dunbar in sod., 1998; Dyson in sod., 2003; Tharme, 2003; Acreman in Dunbar, 2004; Acreman in Ferguson, 2010; Acreman in sod., 2014).

Številne metode, ki jih je mogoče uporabiti za opredelitev zahtev po Qes so bile razvite v različnih državah. Vsaka od teh metod lahko obravnava celoten ali samo del rečnega ekosistema. Metode za določitev Qes se med seboj zelo razlikujejo po zasnovanosti na podlagi objektivnih znanstvenih dokazov ali strokovne presoje. Pri izbiri metod obstaja izhodiščna dilema: Ali se osredotočiti zgolj na kvantitativne odnose med določenimi vrstami organizmov in elementi pretoka ali pa izbrati celosten pristop? Celostni pristop zahteva kombinacijo podatkov in strokovnih mnenj, ki služijo opisu sezonskih in letnih sprememb v pretoku in so potrebni za podporo raznolikih ter dinamičnih ekosistemov (Acreman in sod., 2014). Metode se razlikujejo po strokovni vrednosti ter stopnji, do katere metode celovito zajamejo vse dele obravnavanega sistema (Dyson in sod. 2003).



V 80 letih prejšnjega stoletja so bile metode za izračun Qes preproste hidrološke formule, ki so temeljile predvsem na podatkih o srednjem malem pretoku v obravnavanem obdobju (sQn) in srednjem pretoku v obravnavanem obdobju (sQs). Preprosti hidrološki izračuni niso upoštevali zahtev ekologije, morfologije, varstva okolja in krajinskih značilnosti. V zadnjih letih so v uporabi celovite metode, ki temeljijo na interdisciplinarnih študijah vodnih in obvodnih ekosistemov in značilnostih dela vodotoka, kjer je spremenjen hidrološki režim (Smolar-Žvanut in sod., 2008).

Po Tharme (2003), lahko večino metodologij za določanje Qes razdelimo v štiri različne kategorije (med različnimi avtorji se pojavljajo razlike v klasifikaciji skupin), in sicer:

1. hidrološke metode,
2. hidravlične ocene,
3. simulacije habitatov in
4. celovite metodologije.

3.2.1 Hidrološke metode

Hidrološke metode temeljijo na naravnem režimu pretokov, kot ključni spremenljivki v strukturi in funkciji vodnih ekosistemov. Nanašajo se na celoten ekosistem, so manj kompleksne, manj fleksibilne in stroškovno ugodne (Sánchez Navarro in Schmidt, 2012).

Pri hidroloških metodah se Qes izračuna z uporabo dnevnih in mesečnih meritev pretokov. Rezultati niso zelo natančni, vendar jih je mogoče dobiti v kratkem času. Te metode so primerne za uporabo v fazi načrtovanja projektov, ki imajo za posledico spremenjen hidrološki režim (Özdemir in sod., 2013).

Hidrološke metode za določanje Qes temeljijo predvsem na uporabi hidroloških podatkov, običajno v obliki zgodovinske evidence mesečnih ali dnevnih pretokov (Tharme, 2003). Metode v tej skupini imajo poudarek na analizi podatkov.

Te metode so se uporabljale predvsem v osemdesetih letih v Avstriji, Švici in Nemčiji. Med hidrološkimi metodami se še danes uporablja enačba Matthey za manjše vodotoke, linearna enačba Matthey za večje vodotoke, v preteklosti pa so se uporabljale tudi metoda Sawal-Simon, metoda Mikisch, metoda standardnega pretoka vode, metoda najmanjših globin vode, metoda Buttiker, metode medsebojnih povezanosti vodnih hitrosti in sedimenta, metoda, ki upošteva geološko podlago in metoda mejnih hitrosti vodnega toka (Schälchli, 1991; Mader, 1992).



Kot priporočilo vrednosti minimalnih pretokov se zelo pogosto uporabljajo pretoki Q_{95} (vrednost pretoka, ki teče po strugi vsaj 95 % časa) (Velika Britanija, Tajvan, Avstralija), pretoki Q_{90} (Brazilija, Kanada, Velika Britanija), pretok Q_{364} (naravni pretok, ki je presežen 364 dni v letu) in podobni, ki se uporabljajo po vsej Evropi (Tharme, 2003). V to skupino metod spada tudi Tennantova metoda (ali modificirana Tennantova metoda), ki je najpogostejše uporabljena metoda (Özdemir in sod., 2013) in, ki predpostavlja odstotek pretoka, ki je potreben za vzdrževanje določenega stanja v vodotoku (Jowett, 1997).

Hidrološke metode predstavljajo največji delež skupnega števila evidentiranih metod (Tharme, 2003) in so v uporabi tako v večini držav EU in po svetu. (Benitez Sanz in Schmidt, 2012).

3.2.2 Hidravlične metode

Hidravlične metode, so bile večinoma razvite za določitev priporočljivih pretokov v strugah, potrebnih za ohranjanje gospodarsko pomembnega salmonidnega ribištva v Združenih državah Amerike, v letih med 1960 in 1970 (Stalnaker in Arnette, 1976 cit. po Tharme, 2003).

Temelj hidravličnih metod je odnos med hidravličnimi parametri, rečno morfologijo in vrednostjo minimalnega pretoka ter odnos med omočeno površino in vrednostjo pretoka. Podatki, ki so potrebni za izračun pretokov, so zgodovinski zapisi o pretoku in hidravlične spremenljivke reprezentativnih prečnih prereзов na območju (Benitez Sanz in Schmidt, 2012).

Hidravlične metode uporabljajo različne parametre, od geometrije vodotoka do količine izpustov. Hidravlična geometrija temelji na raziskavi prečnih prereзов, iz katerih se določi parametre, kot so širina, globina in omočenost struge (Jowett, 1989; Sánchez Navarro in Schmidt, 2012).

Sem spadajo metode kot so metoda polkrogel (Statzner in Müller, 1989; Statzner, 1992), metode, ki upoštevajo biologijo rib (Pechlaner, 1989; Radler in Nachtnebel, 1989) in temperaturo vode (Pechlaner, 1989).



3.2.3 Metode simulacije habitatov

Metode simulacije habitatov so na drugem mestu po številu evidentiranih metod, takoj za hidrološkimi metodami, uporabljajo jih v približno 58 državah po celem svetu. Najpomembnejše je, da ta podskupina kompleksnih metod za določanje Qes, predstavlja najvišjo raven splošnega razvoja na tem področju (»state of art«), ki se je postopno razvijala iz prejšnjih, preprostejših metod.

Metode simulacije habitatov temeljijo na dejstvu, da variabilnost pretokov vpliva na organizme preko hidromorfoloških značilnosti, ki določajo, kdaj in kako dolgo so habitatni na voljo vodnim in obvodnim združbam (Petts, 2009). Simulacije habitatov so sestavljene iz 1) fizičnega ali hidravličnega modeliranja struge in 2) modeliranja povezanosti življenjskih združb s fizičnim okoljem. V splošnem simulacije habitatov zahtevajo veliko terenskega dela, meritev in strokovnega znanja za zbiranje hidro-morfoloških in bioloških podatkov, kar je časovno obsežno. Vendar pa poenostavljeni "generalizirani" habitatni modeli omogočajo cenejše aplikacije v nekaterih državah, v in zunaj EU (Lamouroux in Jowett, 2005; Wilding et al, v tisku).

V to skupino spada metoda IFIM (»instream flow incremental methodology«), ki obsega nabor analitičnih postopkov in računalniških modelov, vključno z njegovo glavno sestavino imenovano PHABSIM (Physical HABitat SIMulation system) ter ostale, novejšje metode simulacije habitatov za posamezne vrste vodnih organizmov (Tharme, 2003).

Na osnovi modela PHABSIM se določi pretok, definiran z značilnostmi habitata (hitrost toka, pretok, globina vode, podlaga, pokrovnost z vegetacijo) za posamezno vrsto organizma. Koncept je bil izdelan v ZDA, kjer se v 38 državah tudi najpogosteje uporablja za simulacijo habitatov (Lamb in Lowe, 1987; Guidance Document on Ecological Flows, 2014).

MesoHABSIM je teoretični koncept modeliranja rečnega sistema z uporabo fizičnih simulacij habitatov (Parasiewicz, 2001) za posamezne vrste rib. MesoHABSIM je primarno zasnovan kot metoda, ki se jo uporablja za potoke in manjše reke, čeprav so osnovni principi uporabni tudi za večje reke (Parasiewicz, 2001; Parasiewicz, 2007). Metoda je bila uporabljena tudi na alpskih vodotokih v Italiji (Veza in sod., 2012).

Orodje CASIMIR je računalniško podprt simulacijski model za potrebe zahtev po pretokih v reguliranih vodotokih in je prišel v uporabo kasneje kot IFIM (Tharme 2003). Koncept rečnih ekosistemov in njihovih habitatov, ki ga obravnava model CASIMIR, je zapleten in vsebuje veliko število odnosov med biotskimi in abiotskimi komponentami. CASiMiR je sestavljen iz treh osnovnih modulov: modula za vnos vhodnih podatkov, modula za strokovno presojo primernosti habitatov s pristopom mehke logike (ang. *fuzzy logic*) ter modula za oceno



habitatne primernosti. Pri analizi razmer v vodotoku, CASiMiR obravnava dve glavni skupini vhodnih podatkov: hidravlične (globine vode, hitrosti toka) in morfološke (substrat, skrivališča) dejavnike (Steinman in sod., 2013). CASIMIR se uporablja za bentoške nevretenčarje, ribe in obvodne rastline (King in sod., 2008), razvit pa je tudi CASIMIR računalniški program za hidroelektrarne.

Norveški simulator rečnih sistemov (RSS) obsega hidrološke in hidravlične simulacije modelov habitatov za uporabo v rekah, ki imajo spremenjen hidrološki režim zaradi hidroenergetskih sistemov (Alfredsen, 1998 cit. po Tharme, 2003). Tudi francoska metoda za vrednotenje habitatov EVHA (Dunbar in sod. 1998 cit. po Tharme, 2003) je bila uporabljena v nekaterih evropskih državah. Druge, podobno napredne metode za določanje Qes, ki so trenutno v uporabi na svetovni ravni, so še novozelandska simulacija rečne hidravlike in habitatov (RHYHABSIM; Jowett, 1989 cit. po Tharme, 2003), kanadski sistem modeliranja mikrohabitatov (HABIOSIM; Dunbar in sod. 1998 cit. po Tharme, 2003) ter metoda ocene obrežnih življenjskih skupnosti ter koncepta obnove (RCHARC; Nestler in sod. 1996 cit. po Tharme, 2003).

3.2.4 Celovite metode

Ta pristop se razlikuje od ostalih metod, saj nima le enega namena temveč je njegov cilj upoštevati različne, med seboj odvisne komponente vodnega ekosistema, ki imajo vsaka svoje zahteve po pretoku (Arthington, 1998; King et al. 2008; Sánchez Navarro in Schmidt, 2012). Komponente ekosistemov, ki so pogosto obravnavane v celovitem ocenjevanju vključujejo geomorfologijo, hidravlične habitate, kakovost vode, obrežno in vodno vegetacijo, nevretenčarje, ribe in druge vretenčarje, ki so tako ali drugače povezani z rečnimi ali obalnimi ekosistemi (dvoživke, plazilci, ptice, sesalci) (Arthington in sod. 2004). Med metodami je uporaba celovitih metod za določanje Qes v svetu manj zastopana, kljub temu so celovite metode v zadnjih 15 letih pomembno prispevale k razvoju področja določanja Qes.

Značilnosti celovitih metod so (Benítez Sanz in Schmidt, 2012; Sánchez Navarro in Schmidt, 2012; Özdemir in sod. 2013; Majcen, 2013):

- pretok je določen in opisan z velikostjo, trajanjem, časovnim razporedom in frekvenco,
- so integrirane in obravnavajo celoten ekosistem, vse oz. večino posameznih komponent (vključno s strugo, izvirom, obrežnim pasom, poplavnimi površinami, mokrišči, podzemnimi vodami, družbeno odvisnostjo od ekosistema, ...),
- naravni režim vodotoka je glavno vodilo, ki ga je potrebno vključiti v spremenjene pretočne režime,
- merila kritičnega pretoka so določena za nekatere ali vse sestavne dele rečnega ekosistema,



- osnova za večino pristopov je sistematična gradnja spremenjenega pretočnega režima za vsak mesec posebej, prav tako posebej za vsak element, ki definira značilnost pretočnega režima, za doseg določenih ekoloških, geomorfoloških, socialnih in drugih ciljev ter kakovost vode spremenjenih sistemov,
- napredne celostne metode rutinsko uporabljajo več orodij, ki jih najdemo v hidroloških, hidravličnih in habitatnih metodah za ocenjevanje Qes. Uporabljajo tudi zgodovinske podatke o pretoku, biološke podatke ter habitatne zahteve posameznih vrst organizmov.

Prvi dve celoviti metodi, ki sta bili razviti, sta metodi BBM (»Building Block Methodology«) (King in O'Keeffe, 1989; Bruwer, 1991; Tharme, 2003) in celovit pristop, ki je nastal kot rezultat nadaljnjega razvoja BBM metode (Arthington, 1992; Tharme, 2003). Obe metodi sta spodbudili hiter razvoj ostalih metodologij na tem področju (Tharme, 2003).

Metodo BBM so v Južni Afriki razvili lokalni strokovnjaki in pristojni organi z uporabo v številnih projektih določanja Qes. Metoda je obširno dokumentirana, na voljo so priročnik za uporabo ter različne študije primerov (Arthington in sod. 2004).

Metode, ki so se v zadnjem času razvijale iz BBM in ostalih podobnih metod, so interaktivne, celostne metodologije, sestavljene iz štirih modulov – biofizikalnega, socialnega, razvojnega in gospodarskega. Metoda »nadaljnega odgovora na predpisane spremembe pretoka« (DRIFT; »downstream response to imposed flow transformations«) ponuja inovativen napredek pri določanju Qes (King in sod, 2003).

Pomemben korak naprej na področju določanja Qes je bilo oblikovanje paradigme o naravnih pretokih, ki je osvetlila, da so vsi aspekti režima rečnih pretokov, vključno s poplavami in sušami, pomembni za vrste in združbe organizmov v rekah (Lytle in Poff, 2004). Naravni rečni režim je jasno vključen v okvir za Qes imenovan ELOHA (ekološke omejitve hidroloških sprememb = Ecological Limits of Hydrologic Alteration) (Poff in sod., 2010; Acreman 2014), ki se uporablja za določanje in izvajanje Qes na regionalni ravni z uporabo obstoječih hidroloških in bioloških podatkov. Metoda je bila uporabljana na primerih v ZDA, Avstraliji, Kitajskem, Kolumbiji Mehiki in Evropski Uniji (Velika Britanija). ELOHA je sestavljena iz naslednjih korakov:

1. Oblikovanje hidrološke osnove iz podatkov o pretokih
2. Klasifikacija naravnih rečnih tipov
3. Določitev odnosa med pretokom in ekologijo v povezavi z rečnim tipom
4. Izvajanje strategij za doseganje ciljev za željeno rečno stanje (Kendy, 2009).

ELOHA je znanstveni pristop za določanje Qes za številne reke, simultano na geografskih območjih velikih kot posamezna država. ELOHA temelji na mehanizmu povezave med pretokom in ekologijo, ki jo lahko na terenu preizkušana in ocenjena. V primerjavi s pristopom od-reke-do-reke je ELOHA visoko stroškovno učinkovita, hkrati pa tudi



pragmatična in znanstveno verodostojna. Izpolnjuje 3 glavne potrebe po nacionalnem načrtovanju upravljanja z vodami (Kendy, 2009):

1. Za vsak tip reke na območju načrtovanja metoda opredeli kompromis med spremembo rečnega pretoka in ekološko degradacijo.
2. Podaja določitev ciljev za Qes za vsako reko.
3. Integrira Qes v računalniški program namenjen pomoči pri odločanju (DSS: Decision Support System)

Ključ metode ELOHA metode je krivulja odziva pretok-ekologija, ki sintetizira obstoječe hidrološke in biološke zbirke podatkov iz številnih rek v regiji, za različne rečne tipe rek znotraj regije (Kendy, 2009).

3.3 Določanje ekološko sprejemljivih pretokov v državah Evropske unije

V večini držav EU se za določanje Qes uporabljajo hidrološke metode. Številne države uporabljajo tudi metode simulacije habitatov, medtem ko se hidravlične in celovite metode uporabljajo redko (Guidance Document on Ecological Flows, 2014).

Hidrološke metode

V večini držav EU je vrednost Qes določena v količini 5-30 % srednjega letnega pretoka (Guidance Document on Ecological Flows, 2014):

- na Norveškem (NO) so hidrološki indeksi običajno uporabljeni kot izhodišče za npr. ocenjevanje pretoka Q95 (vrednost pretoka, ki teče po strugi vsaj 95 % časa) oziroma "common low flow", ki je običajno 6-12 % srednjega letnega pretoka (sQs) (mean annual flow),
- na Portugalskem (PT) je vrednost ekološkega pretoka okoli 15 to 18 % celotnega letnega odtoka (total annual runoff),
- v Franciji je vrednost Qes odvisna od eko-hidro regije, vendar je med <10 % in >20 % srednjega letnega pretoka (mean annual discharge),
- v Bolgariji (BG) je ekološki pretok določen na 10 % srednjega večletnega odtoka (mean multiannual run-off), vendar ne manj kot minimalna povprečna mesečna količina vode z 95 %razpoložljivostjo na mestu vsakega objekta za regulacijo pretokov ali rabe vode,
- v Romuniji (RO) je vrednost Qes med Q95 % in 10 % večletnega srednjega pretoka (multi-annual mean discharge),
- na Slovaškem (SK) so vrednosti Qes običajno med 5-30 % povprečnega letnega pretoka (mean annual flow), odvisno od variabilnosti naravnega hidrološkega režima minimalnih pretokov v vodotokih v posameznih regijah,



- na Irskem (EL) je vrednost Qes enaka 30 %povprečnega poletnega pretoka (mean summer flow) (junij-julij-avgust) in 50 %povprečnega pretoka v septembru (mean September flow).
- v Sloveniji (SI) se za določitev določitev Qes uporablja formula: $Q_{es} = f * sQ_{np}$, pri čemer je vrednost faktorja f odvisna od povratnosti odvzema vode, dolžine in količine odvzema vode, skupine ekoloških tipov ter razmerja med srednjim in srednjim malim pretokom.

Hidravlične metode

Hidravlične metode predstavljajo manjši delež metod, ki so v uporabi za določanje Qes le v nekaterih EU državah (AT, EL, FR, IT, NL, SE). Uporaba hidravličnih metod v Franciji (FR) npr. kaže, da se hidravlične razmere in omočenost površine pogosto spreminjajo med 15 in 35 % srednjih letnih pretokov (Guidance Document on Ecological Flows, 2014).

V posameznih alpskih regijah se uporabljajo tudi hidravlične metode, kot sta (Benitez Sanz in Schmidt, 2012, str. 64):

- Habitatni indeks kakovosti (HQI) - model, ki temelji na več sklopih, ki povezujejo tako imenovano nosilnost (potencialna biomasa) salmonidnih vrst rib v rečnem odseku z številnimi in različnimi okoljskimi parametri.
- Pool Quality Index - model, ki izhaja iz HQI in, ki temelji na maksimiranju hidravlične raznolikosti: večje kot je število tolmunov v hudourniku, nižji je ekološki pretok.

Metode simulacije habitatov

Orodje IFIM za simulacijo habitatov uporabljajo v posameznih državah EU (CZ, FR, PT, IT). V Nemčiji je v uporabi metoda CASIMIR, na Finskem metoda EVHA in na Švedskem metoda RSE (River System Simulator) (Guidance Document on Ecological Flows, 2014).

Celovite metode

Celovite metode določanja Qes se uporabljajo le na Norveškem, v Avstriji in v Sloveniji (Guidance Document on Ecological Flows, 2014).



3.3.1 Določanje ekološko sprejemljivega pretoka v Sloveniji

Zakon o vodah (2002) v 71. členu (ekološko sprejemljivi pretok) določa, da mora biti pri rabi površinskih voda, zaradi katere bi se lahko v površinskih vodah zmanjšal pretok ali znižala gladina ali poslabšalo stanje voda, ali emisiji snovi in toplote v površinske vode, v vseh letnih obdobjih zagotovljen ekološko sprejemljivi pretok ali gladina površinske vode. Ekološko sprejemljivi pretok se na podlagi Zakona o vodah določi v vodnem dovoljenju, v koncesijski pogodbi ali v vodnem soglasju na podlagi strokovnega mnenja, ki ga izdela pooblaščen oseba na stroške investitorja. Strokovno mnenje izdela pooblaščen oseba na podlagi metodologije, ki je v Sloveniji Uredba o Qes.

Uredba o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka (Ur. l. RS, št. 97/09) (v nadaljevanju: Uredba o Qes) (Ur. l. RS, št. 97/09) določa kriterije za določitev Qes ter način spremljanja in poročanja o Qes. 5. člen uredbe predpisuje, da se Qes določi na podlagi hidroloških izhodišč za določitev ekološko sprejemljivega pretoka, značilnosti odvzema vode, hidroloških, hidromorfoloških in bioloških značilnosti vodotoka ter podatkov o varstvenih režimih, na katere lahko vpliva nameravana posebna raba površinske vode.

Hidrološka izhodišča so vrednosti srednjega malega (sQ_{np}) in srednjega pretoka (sQ_s) na mestu odvzema, ki se pridobijo iz podatkov državnega hidrološkega monitoringa, ki ga izvaja Agencija Republike Slovenije za okolje. Qes se na podlagi hidroloških izhodišč določi z izračunom po naslednji enačbi: $Qes = f * sQ_{np}$, pri čemer je Qes, f faktor, odvisen od ekološkega tipa vodotoka, in sQ_{np} srednji mali pretok.

Poleg hidrološke metode je po Uredbi o Qes mogoč tudi celovit pristop (celovita metoda) k določanju Qes. Ne glede na določitev na podlagi hidroloških izhodišč, se Qes po 8. členu Uredbe o Qes lahko določi na podlagi študije za določitev Qes, ki jo ob vložitvi pobude oziroma vloge predloži pobudnik oziroma vlagatelj vloge za pridobitev vodne pravice. Minimalne zahteve za izdelavo študije za določitev Qes so določene v Prilogi 3 Uredbe o Qes.

Študija za določitev Qes mora vsebovati najmanj:

- Opis nameravanega posega
- Utemeljitev drugačne določitve ekološko sprejemljivega pretoka
- Opis značilnosti vodotoka
- Opredelitev mikrolokacije oziroma mikrolokacij znotraj obravnavanega odseka, kjer se pričakuje največji vpliv obravnavanega posega in je merodajna za določitev ekološko sprejemljivega pretoka
- Opis stanja vodnega telesa površinske vode ter stanja na mestu odvzema oziroma na odseku med odvzemom in izpustom oziroma med odvzemom in prvim večjim pritokom
- Opis hidromorfoloških značilnosti na mestu odvzema oziroma na odseku med odvzemom in izpustom oziroma med odvzemom in prvim večjim pritokom pri nepovratnem odvzemu



- Opis hidromorfoloških značilnosti na mestu odvzema oziroma na odseku med odvzemom in izpustom oziroma med odvzemom in prvim večjim pritokom pri nepovratnem odvzemu
- Pregled drugih rab
- Pregled območij s posebnimi zahtevami v skladu s predpisi, ki urejajo načrte upravljanja voda
- Predlog okoljskih ciljev, ki jih je treba dosegati na mestu odvzema oziroma na odseku med odvzemom in izpustom oziroma med odvzemom in prvim večjim pritokom pri nepovratnem odvzemu
- Ekspertno mnenje o vrednosti ekološko sprejemljivega pretoka, za katerega mora biti na podlagi analiz iz prejšnjih poglavij dokazano, da na mestu odvzema oziroma na odseku med odvzemom in izpustom oziroma med odvzemom in prvim večjim pritokom pri nepovratnem odvzemu zagotavlja izpolnjevanje pogojev
- Viri podatkov in seznam literature, porabljene za izdelavo ekspertnega mnenja o ekološko sprejemljivem pretoku.

3.3.2 Določanje ekološko sprejemljivega pretoka v Avstriji

Cilji za doseganje zelo dobrega in dobrega hidromorfološkega stanja površinskih voda so v Avstriji opredeljeni znotraj Uredbe o ciljih za ekološko stanje površinskih voda oziroma »Qualitätszielverordnung Ökologie Oberflächengewässer« (BGBl.II Nr. 99/2010) (v nadaljevanju Uredba). Uredba opredeljuje tudi cilje s področja minimalnega pretoka.

Za vrednotenje zelo dobrega hidromorfološkega stanja vodnih teles površinskih voda (VTPV) morajo biti po Uredbi (2. poglavje, 2. člen) uporabljeni elementi hidrološki režim, kontinuiteta reke in rečna morfologija. Hidrološki režim, kontinuiteta reke in morfologija VTPV so v zelo dobrem stanju, če so doseženi sledeči kriteriji:

1. Odvzemi vode so zelo majhni in kot mejna vrednost je opredeljen odzem vode v velikosti 20 % letne količine v točki odvzema. V primeru, da je:
 - v mesecih oktober–marec pretok vode manjši od srednjega pretoka vode v zimskih mesecih ali
 - v mesecih april–september pretok vode manjši od srednjega letnega pretoka,je dovoljen odzem vode v količinah manjših od 10 % od naravnega najmanjšega pretoka ($NQ_t^{natural}$)
2. Ni antropogeno povzročenega nihanja v pretoku vode (pulzni pretok).
3. Antropogeno zmanjšanje povprečne hitrosti vodnega toka v prerezu struge vodotoka se pojavlja le redko in le na zelo kratkih razdaljah.
4. Vpliv človekovih aktivnosti na kontinuiteto reke je zelo majhen in še vedno omogoča nemoteno selitev za tip značilnih vodnih organizmov in naravni transport sedimentov po rečni strugi.
5. Dinamika rečnih bregov je večinoma naravna z izjemo posameznih zaščitnih ukrepov na zunanjih brežinah ali točkah, kjer se pojavlja erozija brežin.



6. Dinamika sedimentov je popolnoma mogoča in ni prisotne utrditve rečne struge oziroma je prisotna v zelo majhni meri.

Po Uredbi je dobro hidromorfološko stanje doseženo, če so hidromorfološke razmere take, da omogočajo doseganje dobrega ekološkega stanja za biološke elemente kakovosti. V primerih, ko se določa hidromorfološke pogoje na osnovi projektne dokumentacije, se od primera do primera ugotovi, ali se z uporabo manj strogih mejnih vrednosti za hidromorfološko stanje voda zagotavlja dolgoročna skladnost z vrednostmi bioloških elementov kakovosti.

Ekološki minimalni pretok v vseh vodnih telesih površinskih voda zagotavlja količino in dinamiko toka in s tem povezavo s podzemno vodo, tako da vrednosti določene za biološke elemente kakovosti po vsej verjetnosti dosegajo dobro stanje. Ti pogoji se štejejo za izpolnjene, če:

1. obstaja stalni najmanjši pretočni režim v strugi (preglednica 1), ki:
 - presega vrednost naravnega najmanjšega dnevnega malega pretoka ($NQ_{t\ natural}$): $NQ_{Residual\ flow} \geq NQ_{t\ natural}$
 - znaša najmanj eno tretjino naravnega srednjega letnega malega pretoka: $NQ_{Residual\ flow} \geq 1/3 MJNQ_{t\ natural}$ v vodnih telesih, za katere je srednji pretok večji od $1\text{m}^3/\text{s}$ in vrednost naravnega najmanjšega dnevnega malega pretoka ($NQ_{t\ natural}$) manjša od ene tretjine naravnega srednjega letnega malega pretoka ($MJNQ_{t\ natural}$).
 - predstavlja vsaj polovico naravnega srednjega letnega malega pretoka: $NQ_{Residual\ flow} \geq 1/2 MJNQ_{t\ natural}$ v vodnih telesih, za katere je srednji pretok nižji od $1\text{m}^3/\text{s}$ in je vrednost naravnega najmanjšega dnevnega malega pretoka ($NQ_{t\ natural}$) manjša od ene polovice naravnega srednjega letnega malega pretoka ($MJNQ_{t\ natural}$).

in, ki dosega vrednosti določene v prilogi G Uredbe. Te vrednosti se nanašajo na minimalne globine vode in hitrosti vodnega toka v naravnih ribjih habitatih.

Preglednica . Smernice za vrednosti za dobro ekološko stanje v Avstrijski Uredbi (BGBl.II Nr. 99/2010).

	Naravni srednji letni pretok $< 1\text{ m}^3/\text{s}$ (MQ)	Naravni srednji letni pretok $> 1\text{ m}^3/\text{s}$ (MQ)
$NQ_{Residual\ flow}$	najmanjši dnevni mali pretok (NQ_t)	
	50 % srednjega letnega malega pretoka ($MJNQ_{t\ natural}$)	33 % srednjega letnega malega pretoka ($MJNQ_{t\ natural}$)

2. se ohranja naravna dinamika v pretokih vode, pri čemer je zagotovljeno ohranjanje naravnega sezonskega transporta sedimentov, ustrezen pretok oz. hitrost vodnega toka v času migracij na drstišča, ohranjanje različnih habitatov v različnih obdobjih leta za posamezne starostne skupine ključnih organizmov, koncentracija kisika ter temperatur značilnih za vodno telo.



Če gre za velike reke, mora biti antropogeni vpliv na nihanja v pretoku ovrednoten ločeno od primera do primera. Pri vseh ostalih vodnih telesih mora biti razmerje pulznega pretoka oziroma razmerje med upadom in porastom vodne gladine manjše ali enako 1:3 in pri upadu vodne gladine se mora ohranjati vsaj 80 % omočenosti struge, glede na omočenost pri porastu vodne gladine.

Antropogeno znižanje hitrosti srednjega pretoka v preseku struge na vrednost manjšo kot 0,3 m/s v času srednjega letnega pretoka (MQ) se lahko pojavlja le občasno in na kratkih odsekih.

Umetne ovire v naravnih ribjih habitatih, ki ribam preprečujejo migracijo, morajo biti prehodne skozi celo leto. Človeški vpliv na povezavo med habitatimi ima lahko le majhen pomen.

Dinamika brežin je zmanjšana le na določenih območjih, le manjši odseki rečnih brežin so stabilizirani (npr. lokalni zaščitni ukrepi) in le kratki odseki rečne struge imajo manjšo dinamiko zaradi utrditve rečnega dna (npr. talni pragovi). V tem primeru je možna dinamika sedimentov med umetnimi utrditvami.

3.4 Vključenost ekološko sprejemljivega pretoka v zakonodajo oz. smernice evropskih držav

Na nivoju EU obstaja več dokumentov, ki povzemajo vključenost Qes v zakonodajo v državah EU.

Kampa in sod. (2011) povzema ključne informacije o pravnih in tehničnih zahtevah po Qes za hidroelektrarne (HE) v EU. Večina držav ima ustrezno zakonodajo za zagotavljanje Qes na nacionalnem (tudi regionalnem) nivoju. Za večino novih HE pravne zahteve po Qes obstajajo, za obstoječe HE pa mnogo držav nima zahtev po Qes. Zakonodaja, ki bi določala metodo določitve Qes za HE, pogosto ni predpisana, obstajajo pa priporočila in določitve od primera do primera.

V letu 2012 je Evropska komisija ocenila vključenost Qes v Načrte upravljanja voda (NUV) (Benítez Sanz in Schmidt, 2012). 88 povodij (47 %) je izvedlo ali izvaja vključitev Qes v okvirni program ukrepov, med tem ko ostalih 69 povodij (34 %) ne kaže nobenega namena, da bi to storile. V 29 povodnjih (16 %) ni na voljo dovolj informacij za oceno uporabe Qes v NUVu. Obstoječe nacionalne in / ali regionalne smernice ali predpisi o opredelitvi Qes so bili vključeni v 50 NUV-ov od 123-ih (41 %). Posebni ukrepi so bili sprejeti za doseganje Qes v 61 NUV-ih (50 %).

Države EU uporabljajo različne izraze za ekološko sprejemljiv pretok: ekološki pretok, okoljski pretok, minimalni sprejemljiv pretok, minimalni razpoložljiv pretok, minimalni preostanek



pretoka, minimalni pretok ... Vse te razlike v uporabljenih izrazih in posledično v definicijah se odražajo v različnih metodah določanja Qes.

V preglednici 1 so zbrani podatki ali imajo posamezne države EU zakonodajo, predpis oz. smernice o Qes. Podatki so bili zbrani iz obstoječe literature (Kampa in sod., 2011 in Benitez Sanz in Schmidt, 2012) ter na osnovi vprašalnikov prejetih od članov delovne skupine za pripravo smernic za ekološke pretoke (Guidance Document on Ecological Flows, 2014).

Preglednica . Zakonodaja, predpisi in smernice o Qes v državah članicah EU.

Država	Smernice / predpisi v NUV-ih (Benitez Sanz in Schmidt, 2012)	Vprašalnik o vodni direktivi in hidroenergiji (Kampa et al, 2011)		Informacije zbrane od članov delavnih skupin in informacije prirejene v Kampa in sod., 2011*		
		Normativi	Standardi	Nacionalna zakonodaja	Ostali predpisi	Nacionalne smernice
AT	Da	Nacionalna zakonodaja	Pravni nacionalni standard	Da	Ne	Ne
BE	Ni informacij	Določeno na posameznih primerih	Določeno na osnovi od-primer-a-do-primer-a	Ne*	Ne*	Ne*
BG	Da (Donava) / Ne / Ni informacij	Nacionalna zakonodaja	Pravni nacionalni standard	Da	Ne	Ne
CY	Neocenjeno	Ni informacij	Ni informacij	Da	Da	Da
CZ	Ni informacij	Nacionalna zakonodaja	Nacionalna priporočila	Da	Ne	Da
DE	Da (Donava) / Ne / Ni informacij	Nacionalna in regionalna zakonodaja	Nacionalna in regionalna priporočila	Da*	Da*	Ne*
DK	Da	Ni informacij	Ni informacij	Ni info	Ni info	Ni info
EE	Ni informacij	Ni informacij	Ni informacij	Ni info	Ni info	Ni info
EL	Neocenjeno	Ni informacij	Ni informacij	Da	Da	Ne
ES	Da	Nacionalna zakonodaja	Pravni nacionalni standard	Da	Da	Ne
FI	Ne / Ni informacij	Določeno na posameznih primerih	Določeno na osnovi od-primer-a-do-primer-a	Ne	Ne	Da
FR	Da / Ni informacij	Nacionalna zakonodaja	Določeno na osnovi od-primer-a-do-primer-a	Da	Da	Da
HR	Ni informacij	Ni informacij	Ni informacij	Ne	Ne	Ne
HU	Da	Nacionalna zakonodaja	Ni odgovora	Da	Da	Da
IE	Ni informacij	Ni informacij	Ni informacij	Da	Ne	Da
IS	/	/	/	Da	Ne	Ne
IT	Da	Nacionalna in regionalna zakonodaja	Regionalna priporočila	Da*	Da*	Ne*



LT	Da	Nacionalna zakonodaja	Pravni nacionalni standard	Da*	Ne*	Ne*
LU	Ni informacij	Določeno na posameznih primerih	Nacionalna priporočila	Ne*	Ne*	Ne*
LV	Da	Nacionalna zakonodaja	Določeno na osnovi od-primer-a-do-primer-a	Da	Ne	Ne
MT	Ne	Ni informacij	Ni informacij	Ne	Ne	Ne
NL	Ni informacij	Nacionalna zakonodaja	Ni ustreznih metod	Da*	Ne*	Ne*
PL	Ni informacij	Ni odgovora	Ni odgovora	Ni info	Ni info	Ni info
PT	Neocenjeno	Nacionalna priporočila	Pravni nacionalni standard	Da	Ne	Da
RO	Ne	Nacionalna zakonodaja	Pravni nacionalni standard	Da	Ne	Da
SE	Da / Ne / Ni informacij	Določeno na posameznih primerih	Določeno na osnovi od-primer-a-do-primer-a	Ne*	Ne*	Ne*
SI	Da	Nacionalna zakonodaja	Pravni nacionalni standard	Da	Da	Ne
SK	Ni informacij	Nacionalna priporočila	Ni odgovora	Da	Ne	Da
UK	Da	Nacionalna in regionalna priporočila	Nacionalna in regionalna priporočila	Da	Ne	Da
CH	Ni informacij	Ni informacij	Ni informacij	Da*	Ne*	Ne*
NO	Ni informacij	Nacionalna zakonodaja	Nacionalna priporočila	Da	Ne	Da

Legenda:

* Informacije so povzete iz Kampa in sod., 2011

Na osnovi podatkov (preglednica 3), zbranih od članov delovne skupine za pripravo smernic za ekološke pretoke v EU, ima nacionalno zakonodajo o ekoloških pretokih predpisanih 22 držav od skupno 31-ih držav, medtem ko za nekaj držav ni informacij (DK, EE, PL) oziroma nimajo nobene zakonodaje o ekoloških pretokih (BE, FI, HR, LU, MT, SE). V štirih omenjenih državah (BE, FI, LU, SE) se ekološki pretoki določajo od primera do primera. 8 držav (CY, DE, EL, ES, FR, HU, IT, SI) ima ostale predpise v katere so vključeni tudi ekološki pretoki, 11 držav pa ima nacionalne smernice (CY, CZ, FI, FR, HU, IE, PT, RO, SK, UK, NO) (Guidance Document on Ecological Flows, 2014).

V mnogih evropskih državah (AT, BG, CZ, EL, ES, FR, PT, RO, SI, SK, UK, NO) so definicije Qes in metodologije ali osnove za razvoj metodologij o Qes vključeni v zakone o vodah (Kampa in sod., 2011; Benitez Sanz in Schmidt, 2012). Kljub temu pa je le nekaj EU držav, ki imajo metodologijo za določanje Qes razvito kot predpis (SI, AT) ali pa je predpis še v stopnji razvijanja (BG, CZ).

Pri pregledu zakonodaje in smernic za določanje Qes v posameznih državah je bilo ugotovljeno, da metodologije niso v direktni povezavi s cilji vodne direktive, temveč temeljijo na statistični analizi hidroloških podatkov z nejasno povezanostjo z vplivi na biologijo, le



nekaj metodologij je specifičnih za tip vodotokov in upošteva njihove hidrološke, morfološke in biološke značilnosti (AT, SI) (Guidance Document on Ecological Flows, 2014).

3.5 Priporočila smernic za ekološke pretoke na nivoju Evropske unije

Dokument (Guidance Document on Ecological Flows, 2014) je sestavljen iz naslednjih poglavij:

Povzetek

1. Uvod
2. Koncepti
3. Zakonodajni okvir
4. Vloga ekoloških pretokov pri oceni stanja voda in doseganju okoljskih ciljev
5. Ocena hidroloških obremenitev in vplivov
6. Vzpostavitev programa monitoringa
7. Definiranje ekoloških pretokov in analiza vrzeli glede na trenutne razmere
8. Ukrepi za doseganje ekoloških pretokov
9. Močno preoblikovana vodna telesa in ostale izjeme
10. Sodelovanje javnosti

Nadaljnji koraki

Aneksi

- A. Seznam študij
- B. Pregled zakonodaje in metodologij določanja ekoloških pretokov v državah članicah EU
- C. Hidrološke metode ocenjevanja
- D. Literatura

Dokument predstavlja skupno osnovo za razumevanje ekoloških pretokov na nivoju EU in v poglavju Nadaljnji koraki so predstavljena številna vprašanja in izhodišča za nadaljnje delo v okviru različnih delovnih skupin na nivoju EU, kot so:

- ekološki pretoki, kot omilitveni ukrepi in njihova vloga pri določanju dobrega ekološkega potenciala - interkalibracija ekološkega potenciala – ECOSTAT;
- ekološki pretoki v vodni bilanci;
- ekološki pretoki in podzemne vode - priporočila za ekosisteme, ki so odvisni od podzemne vode;

Predlagano je bilo, da se v delovni program CIS skupin vključijo naslednje naloge:

- razvoj bioloških metrik, ki so posebej občutljive za hidrološke spremembe,



- izmenjava dobrih praks pri razvoju in izvajanju metod za opredelitev ekoloških pretokov,
- revizija CIS smernic No. 4 o MPVT in boljša opredelitev pretokov,
- ohranjanje in obnova ekoloških pretokov pri upravljanju s poplavami (povezovanje vodne in poplavne direktive),
- ekološki pretoki povezani s podnebnimi spremembami,
- ekološki pretoki za jezera, obalne vode in somornice.

Smernice za ekološke pretoke na nivoju EU (Guidance Document on Ecological Flows, 2014) med drugim podajajo usmeritve pri izboru primernih metodologij za določanje ekoloških pretokov. Na osnovi dostopnega znanja in informacij (o značilnostih porečja, obsegu analiz, ekonomiji, ekologiji) je predlagan hierarhični okvir za izbor primerne metodologije za določanje ekoloških pretokov. Hierarhični okvir naj bi vključeval več ravni ocenjevanja in naj bi omogočil izbiro med več tehnikami, od preprostih do zapletenih, da se lahko postopno, po fazah, odzovemo na obseg analiz, razpon tveganja, intenzivnost rabe vode, proračune, zmogljivosti in časovni okvir posamezne države (Hirji in Davis, 2009).

Smernice za ekološke pretoke na nivoju EU priporočajo, da nacionalna zakonodaja evropskih držav vključuje:

- konceptualno opredelitev ekoloških pretokov z jasnim sklicevanjem na količino in dinamiko pretokov in njihovo skladnostjo z okoljskimi cilji Vodne direktive;
- ekološke pretoke kot zavezujočo zahtevo pri vsaki rabi vode (odvzemi, zaježitve, regulacije, itd.) ne glede na karakteristike rabe (površinska / podtalna voda, povratno / nepovratno, stalno / občasno, itd.), v strateškem načrtovanju razvoja rabe vode, pri podeljevanju novih dovoljenj in pri pregledu obstoječih vodnih pravic;
- pogoje za izjeme od teh zahtev, ki bi morali biti skladni z izjemami v Vodni direktivi (člen 4 (4) do (7));
- jasno odgovornost za opredelitev ekoloških pretokov in nadzor nad njihovim doseganjem;
- kazenske določbe, če so zakonske zahteve kršene.

Ravno tako je priporočeno, da nacionalne metodologije in smernice vključujejo:

- metodološki pristop in metode za določitev ekoloških pretokov, ki vključujejo pomembne elemente rečnega ekosistema, vsaj elemente kakovosti iz Vodne direktive;
- razpon postopkov, ki jih je mogoče izbrati glede na vrsto rabe, tip reke in povezave med površinskimi in podzemnimi vodami, kjer je to primerno;
- podatke potrebne za določitev ekoloških pretokov;
- zahteve za spremljanje stanja in poročanje pristojnim organom;
- zahteve za zagotovitev preglednosti metodologij in rezultatov za vse zainteresirane stranke, vključno z uporabniki vode.

Ta priporočila morajo omogočiti prilagoditev pravnih zahtev na specifične lokalne pogoje (v smislu uporabe in okolja). Metode določanja ekoloških pretokov je treba vključiti v Načrte upravljanja voda (Acreman in sod., 2014) in zajeti pravna vprašanja ter vidike upravljanja.



3.6 Viri

- Acreman, M. in M.J. Dunbar. 2004. Defining environmental river flow requirements: a review. *Hydrology and Earth System Sciences* 8: 861-876.
- Acreman, M.C in A.J. D. Ferguson. 2010. Environmental flows and the European Water Framework Directive. *Freshwater Biology* 55 (1): 32-48
- Acreman, M.C., Overton, I.C., King, J., Wood, P., Cowx, I.G., Dunbar, M.J., Kendy, E. in Young, W., 2014. The changing role of ecohydrological science in guiding environmental flows. *Hydrological Sciences Journal*, 59 (3-4), 433-450
- Alfredsen, K. 1998. Habitat modelling in Norway—an overview of projects and future developments. In *Hydroecological Modelling. Research, Practice, Legislation and Decision-making*, Blaz'kova' S', Stalnaker C, Novicky' O (eds). Report by US Geological Survey, Biological Research Division and Water Research Institute, Fort Collins, and Water Research Institute, Praha, Czech Republic. VUV: Praha; 33-35.
- Arthington, A.H. 1998. Comparative Evaluation of Environmental Flow Assessment Techniques: Review of Holistic Methodologies. LWRDC Occasional Paper 26/98. ISBN 0 642 26745 6.
- Arthington, A.H, King J.M, O'Keeffe J.H, Bunn S.E, Day J.A, Pusey B.J, Blumhörn D.R, Tharme R.E. 1992. Development of an holistic approach for assessing environmental flow requirements of riverine ecosystems. In *Proceedings of an International Seminar and Workshop on Water Allocation for the Environment*, Pigram J.J, Hooper B.P (eds). The Centre for Water Policy Research, University of New England: Armidale, Australia.
- Arthington, A.H., Tharme, R.E., Brizga, S. O., Pussey, B. J., Kennard, M. J. 2004. Environmental flow assessment with emphasis on holistic methodologies. *Proceedings of the second international symposium on the management of large rivers for fisheries*, volume 2. Food and agriculture organization of the United nations and the Mekong river commission: str. 37-65.
- Benitez Sanz, C., Schmidt, G., Mora Navarro, B., Sanchez Navarro, R., Gutierrez del Alamo, R.F. 2012. Analysis of the implementation of Environmental Flows in the wider context of the River Basin Management Plans. Report drafted in the framework of the Comparative Study of Pressures and Measures in the Major River Basin Management Plans. Task 3d: Water Abstraction and Water Use. Final deliverable. INTECSA-INARSA, November 2012.
- Brown, C. in King, J. 2003. Environmental Flows: Concepts and methods. In Davis, R. and Hirji, R. (eds). *Water Resources and Environment Technical Note C.1*. Washington, D.C.: The World Bank.
- Bruwer, C. (ed.). 1991. *Proceedings of a Workshop on the Flow Requirements of Kruger National Park Rivers*. Department of Water Affairs and Forestry: Pretoria.



- Bundi, U., Eichenberger, E. 1989. Wasserentnahme aus Fließgewässern: Gewässerökologische Anforderungen an die Restwasserführung. Schriftenreihe Umweltschutz, Nr. 10, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft Bern, 50 s.
- Direktiva Evropskega parlamenta in Sveta 2000/60/ES z dne 23. oktobra 2000 o določitvi okvira za ukrepe Skupnosti na področju vodne politike.
- Dunbar, M.J., Gustard, A., Acreman, M.C. in Elliot, C.R.N. 1998. Overseas approaches to setting River Flow Objectives. R&D Technical report W6-161, pp. 83 (Marlow: Environment Agency and NERC).
- Dyson, M., Bergkamp, G., Scanlon, J. (ur.) 2003. Flow. The Essentials of Environmental Flows. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, IUCN, Gland, Switzerland in Cambridge, UK.
- Gippel, C.J., Stewardson, M.J. 1998. Use of wetted perimeter in defining minimum environmental flows. Regulated Rivers: Research and Management, 14, s. 53 – 67.
- Guidance Document on Ecological Flows (Eflows) in the implementation of the Water Framework Directive, verzija 4.3. iz dne 14.11.2014, 104 s.
- Hirji, R. and R. Davis. 2009. Environmental Flows in Water Resources Policies, Plans, and Projects: Findings and Recommendations. The World Bank. Environment and Development series.
- Institute of Hydrology & Institute of Freshwater Ecology 1993. Ecologically Acceptable Flows, Assessment of Instream Flow Incremental Methodology, 25 s.
- Jowett, I.G. 1989. River hydraulic and habitat simulation, RHYHABSIM computer manual. N.Z. Fish. Misc. Rep. No. 49.
- Jowett, I.G. 1997. Instream flow methods: a comparison of approaches. Regulated rivers: research and management 13: 115–127.
- Kampa, E., von der Weppen, J. and Dworak, T. 2011. Water management, Water Framework Directive & Hydropower. Issue paper (final version).
- Kendy, E., 2009. ELOHA: A new Framework for determining and managing environmental flows over large regions. The nature conservancy. Introductory Presentation in PowerPoint. Dostopno iz: <http://www.conservationgateway.org/ConservationPractices/Freshwater/EnvironmentalFlows/MethodsandTools/ELOHA/Pages/ecological-limits-hydrolo.aspx> (18. 9. 2014)
- King, J.M, O'Keeffe J.H. 1989. Looking to the future—South Africa's requirements. In Ecological Flow Requirements for South African Rivers, Ferrar AA (ed.). South African National Scientific Programmes Report No. 162. Foundation for Research Development, CSIR: Pretoria, South Africa.
- King, J.M. Brown, C. Hossein, S. 2003. A scenario-based holistic approach to environmental flow assessments for rivers. River Research and Application, Vol 19 (5-6), pp 619 – 639.



- King, J.M., Tharme, R.E., de Villiers M.S., editors. 2008. "Environmental flow assessments for rivers: manual for the Building Block Methodology". WRC Report No TT 354/08. Updated Edition. Water Research Commission, Pretoria, South Africa.
- Lamouroux, N., Jowett, I.G.. 2005. Generalized instream habitat models. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62, 7-14.
- Lamb, M.A., Lowe, R.L. 1987. Effects of current velocity on the physical structuring of diatom (Bacillariophyceae) communities. *Ohio J. Sci.* 87, s. 72 - 78.
- Lytle, D.A. in Poff, N.L., 2004. Adaptation to natural flow regimes. *Trends in Ecology and Evolution*, 19 (2), 94–100.
- Mader, H., 1992. Festlegung einer Dotierwassermenge über Dotationsversuche. *Wiener Mitteilungen, Wasser, Abwasser, Gewässer*, Band 106, Wien, 375 s.
- Majcen, A. 2013. Analiza hidroloških metod za določanje ekološko sprejemljivega pretoka. Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL, FGG, Študij vodarstva in komunalnega inženirstva.
- Meitzen, K.M., Doyle, M.W., Thoms M.C and Burns, C.E. 2013. Geomorphology within the interdisciplinary science of environmental flows. *Geomorphology* (2013) doi: 10.1016/j.geomorph.2013.03.013.
- Nestler, J.M., Schneider, L.T., Latka, D., Johnson, P. 1996. Impact analysis and restoration planning using the riverine community habitat assessment and restoration concept (RCHARC). In *Ecohydraulics 2000. Proceedings of the 2nd International Symposium on Habitat Hydraulics*, Leclerc M, Capra H, Valentin S, Boudreault A, Cote Y (eds). INRS-Eau: Quebec, Canada; A871–876.
- Özdemir, A.D., Karaca, Ö., Erkuş, M.K. 2013. Low flow calculation to maintain ecological balance in streams. *International congress on river basin management*, 402–412. <http://www.indiawaterportal.org/sites/indiawaterportal.org/files/32.pdf> (Pridobljeno 13. 6. 2013).
- Qualitätszielverordnung Ökologie Oberflächengewässer« BGBl.II Nr. 99/2010
- Parasiewicz, P. 2001. MesoHABSIM: A concept for application of instream flow models in river restoration planning. *Fisheries*: 26 (9), 6-13.
- Parasiewicz P. 2007."The MesoHABSIM model revisited. *River Research and Applications*, Vol. 23, No. 8, pp 893-903.
- Pechlaner, R. 1989. Ökologische Auswirkungen von Wasserableitungen auf Gebirgsbäche. *Informationsberichte Bayer. Landesamt. f. Wasserwirtschaft*, Heft 1, s. 163 – 188.
- Petts, G.E., Maddock, I. 1995. Flow Allocation for In-river Needs. V: *The Rivers Handbook Hydrological and Ecological Principles*, Vol. 2, (eds. Calow, P. / Petts, G. E.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, s. 289 – 307.
- Petts, G.E., 2009. Instream Flow Science For Sustainable River Management. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 45: 1071–1086.
- Poff, N.L., Richter, B.D.; Arthington, A. Bunn, S., Naiman, R.J., Kendy, E., Acreman, M., Apse, C., Bledsoe, B.P., Freeman, M. C., Henriksen, J., Jacobson, R.B., Kennen, J. G., Merritt, D. M., O'Keeffe, J. H., Olden, J.D., Rogers, K., Tharme, R. E., Warner, A.,



2010. The Ecological Limits of Hydrologic Alteration (ELOHA): a new framework for developing regional environmental flow standards. *Freshwater Biology*, 55, 147–170.
- Radler, S., Nachtnebel, H.P. 1989. Festlegung von Pflichtwasserabflüssen in Österreich. Informationsberichte Bayer. Landesamt. f. Wasserwirtschaft, Heft 1, s. 18 – 35.
- Sánchez Navarro, R. in G., Schmidt. 2012. Environmental Flows as a tool to achieve the WFD Objectives. Discussion Paper. European Commission.
- Schälchli, U. 1991. Morphologie und Strömungsverhältnisse in Gebirgsbächen: ein Verfahren zur Festlegung von Restwasserabflüssen. Mitteilungen 113. ETH Zürich, 113 s.
- Smolar-Žvanut, N., Maddock, I., Vrhovšek, D. 2008. Evaluation and application of environmental flows for running waters in Slovenia. *Int. j. water resour. dev.* 24 (4): 609-619.
- Stalnaker, C.B., Arnette, S.C. 1976. Methodologies for the Determination of Stream Resource Flow Requirements: An Assessment. US Fish and Wildlife Services, Office of Biological Services Western Water Association.
- Statzner, B., Müller, R. 1989. Standard hemispheres as indicator of flow characteristics in lotic benthos research. *Freshwater Biology* 21, s.445 – 459.
- Statzner, B. 1992. Räumliche und zeitliche Variabilität der Sohlschubspannung – ein Schlüsselfaktor zur ökologischen Bewertung der Mindestwasserabgabe. *Wasserwirtschaft* 82, 6, s. 286 – 287.
- Steinman, F., Šantl, S., Prešeren, T., Rak, G., Kompare, K., Čarf, M., Jenič, A., Pajk, N., Modic, T., Podgornik, S. 2013. Razvoj in uporaba informacijskih orodij za ugotavljanje primernosti habitatov za potočno postrv (*Salmo trutta*) in določitev ukrepov za njihovo izboljšanje. Končno poročilo. Univerza v Ljubljani, FGG in Zavod za ribištvo Slovenije.
- Tharme, R.E. 2003. A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. *River research and applications* 19: 397–441.
- Uradni list RS, št. 97/2009. Uredba o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka, str. 12919.
- Veza, P., Parasiewicz, P., Rosso, M., Comoglio, C. 2012. Defining minimum environmental flows at regional scale: application of mesoscale habitat models and catchments classification. *River Research and Applications*. 28(6):717-730.
- Wilding, T.K., Bledsoe, B., Poff, N.L., Sanderson, J. (in press) Predicting habitat response to flow using generalized habitat models for trout in Rocky Mountain streams. *River Research and Applications*.
- Zakon o vodah. Uradni list RS, št. 67/02.



4 IZBOR VODOTOKOV NA PODLAGI ANALIZE OBREMENITEV

Z uvedbo vodne direktive (Direktiva 2000/60/ES) je za doseganje glavnega cilja, t.j. dobro ekološko stanje vodotokov treba upoštevati tudi odstopanja od naravnega pretočnega režima. Tako je izpostavljena problematika dovoljenih sprememb pretočnega režima vodotokov pred nepovratno spremembo strukture in funkcije vodnega ekosistema ter načina upravljanja dnevnih in sezonskih pretokov ter poplavnih dogodkov, da se zadosti zahtevanim okoljskim ciljem.

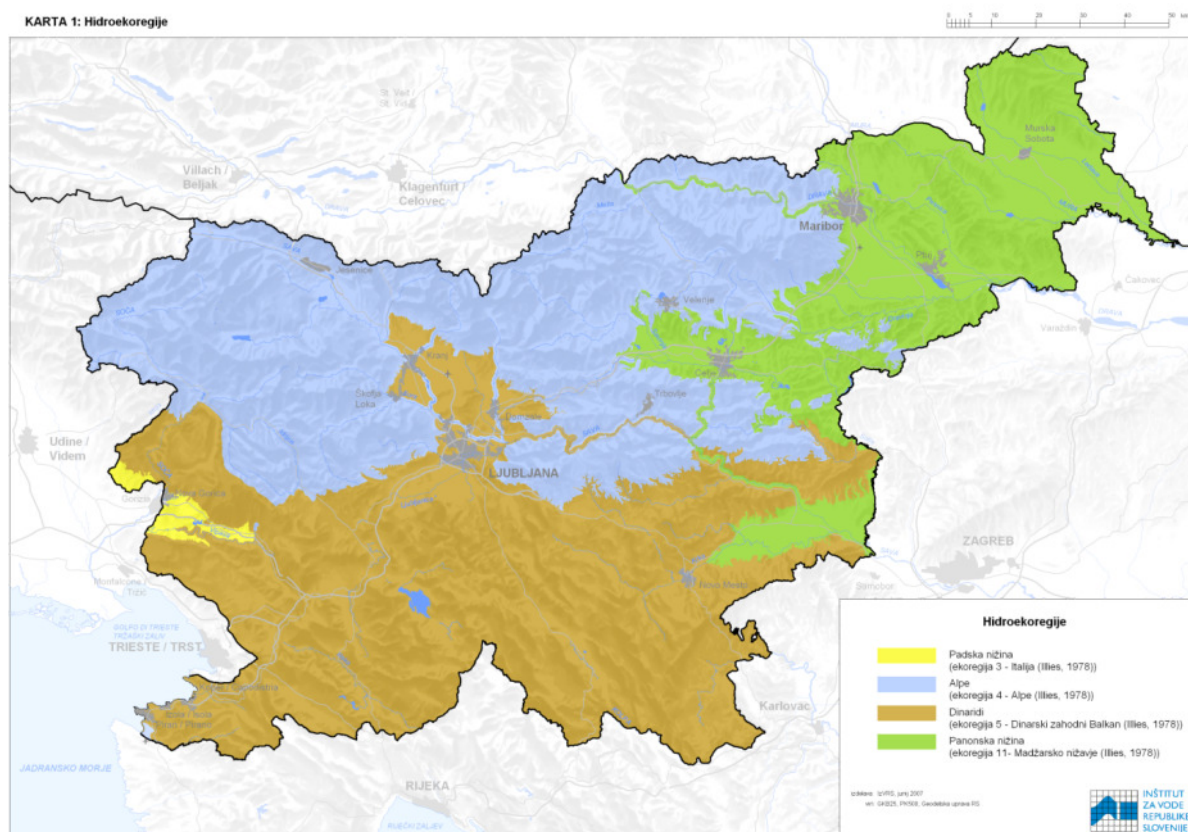
Spremembe pretočnega režima (hidrološke obremenitve) imajo vpliv na morfološko stanje vodotoka ter na strukturo in funkcijo prisotnih združb vodnih organizmov (Poff in sod., 1997). Ob hidroloških spremembah se pogosto pojavljajo še druge obremenitve zaradi človekovega delovanja (Heathwaite, 2010). V primerih hkratnega delovanja več obremenitev na vodne ekosisteme je lahko povezava med hidrološkim režimom in spremembo le-tega ter združbami vodnih organizmov zamegljena. Obremenitve delujejo na vodne v različnih prostorskih in časovnih dimenzijah (Ormerod in sod., 2010). Obremenitve, ki delujejo neposredno v vodotokih, so poleg spreminjanja hidrološkega režima zaradi prečnih objektov in odvzemov vode tudi spreminjanje hidromorfoloških značilnosti zaradi izravnjav in poglobitev ter utrditev struge in bregov ter odstranjevanja obrežne vegetacije, in obremenjevanja vodotokov z organskimi snovmi, hranili in toksičnimi snovmi (Urbanič in Toman, 2003; Allan in Castillo, 2007; Heathwaite, 2010). Raba tal v prispevnem območju je eden najpogostejših vzrokov za hkratno delovanje več obremenitev (Allan, 2004). Kmetijska ali urbana raba tal v prispevnem območju vodotokov zaradi zmanjšanja pokritosti tal z gozdom, pogoste izgradnje odtočnih kanalov ter povečanja deleža nepropustnih površin zmanjša zmožnost zadrževanja vode v prispevnem območju ter povečuje hitrost in količino površinskega odtoka vode ter spiranje snovi iz prispevnega območja v vodotok (Sponseller in sod., 2001; Allan, 2004; Poff in sod., 1997).

Ciljnih raziskav o vplivih hkrati delujočih obremenitev na ekosisteme tekočih voda je razmeroma malo (Ormerod in sod., 2010). Avtorji pogosto ugotavljajo, da so vplivi različnih obremenitev na združbe vodnih organizmov podobni, vendar so bile okoljske spremenljivke za opis posameznih obremenitev pogosto medsebojno močno soodvisne, zato dejanskega vpliva posamezne obremenitve ni mogoče ugotoviti (Allan, 2004; Feld in Hering, 2007; Friberg in sod., 2009). Raziskava hkrati delujočih obremenitev na vodotoke na slovenskem ozemlju (Pavlin in sod., 2011) je pokazala, da je med delovanjem skupin obremenitev na združbe bentoških nevretenčarjev v vodotokih Slovenije mogoče razlikovati. Avtorji so ugotovili, da je posamezen vpliv testiranih skupin obremenitev na združbe bentoških nevretenčarjev (raba tal, obremenjevanje s hranili, druge obremenitve) več kot dvakrat večji kot vpliv skupaj delujočih skupin obremenitev. Tako lahko v velikem deležu razlikujemo med vplivi posameznih skupin obremenitev. Avtorji so med 'druge obremenitve' zajeli tudi razred hidromorfološke spremenjenosti, vendar se niso posvetili spremembam pretočnega režima.

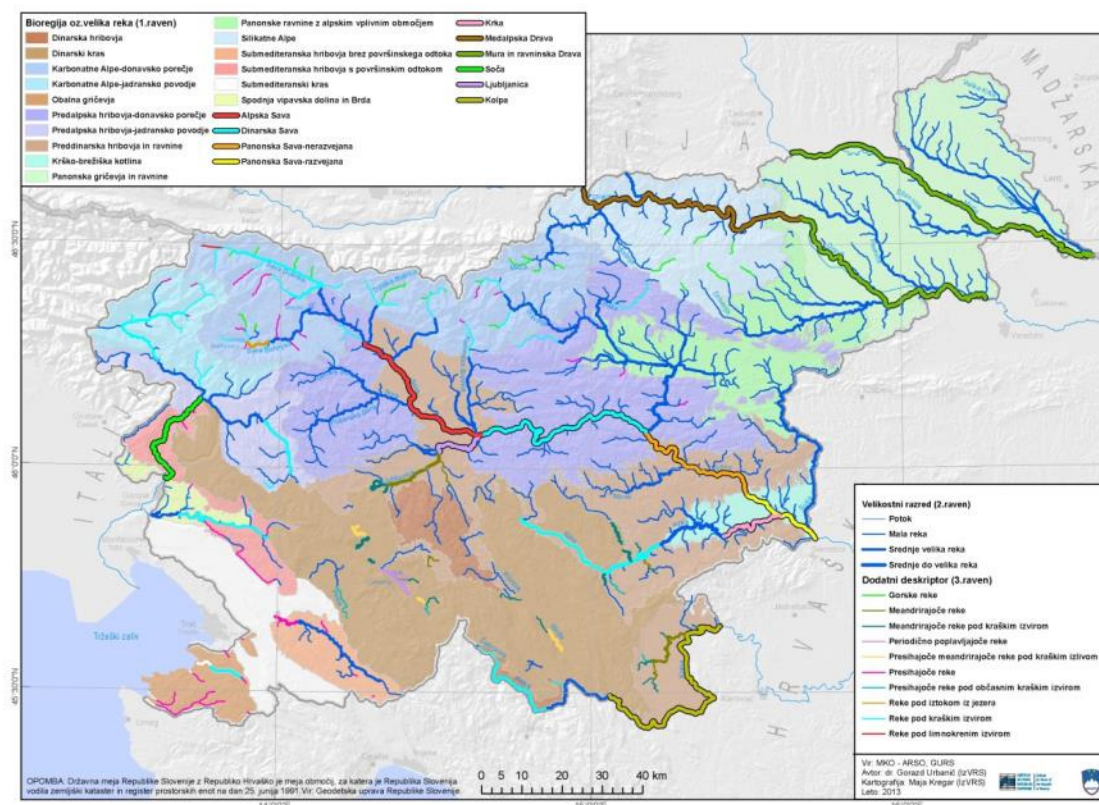
Namen delovnega svežnja 4 – analiza obremenitev je izbor vodotokov za raziskavo, kjer je edina ali vsaj prevladujoča obremenitev sprememba hidrološkega režima. V ta namen so bile preverjene obremenitve zaradi ribiškega upravljanja ter morfološke obremenitve.

4.1 Območje raziskave

V Sloveniji je pripravljena ekološka tipologija rek po sistemu B Vodne direktive (Urbanič, 2005a). Izhodišče je v 4 hidroekoregijah (Urbanič, 2005b, 2006a, 2007a, 2008a, slika 14), ki jih je Urbanič (2006a, 2007b, 2008b) razdelil na 16 bioregij in 10 posebnih kategorij »velika reka«, v vsaki bioregiji pa uporabil še različne kombinacije dodatnih atributov in tako določil 73 ekoloških tipov rek (Urbanič, 2006b, 2007c). V letu 2011 je bila pripravljena dopolnitev ekoloških tipov rek (Urbanič, 2011), pri čemer je bilo določenih 74 ekoloških tipov rek; v letu 2013 pa je na podlagi pridobljenih novih podatkov o vrednosti dodatnih deskriptorjev uporabljenih pri opisih tipov rek in upoštevanja nekaterih potokov (velikost prispevne površine <10 km²) pripravljena dopolnjena karta ekoloških tipov vodotokov v Sloveniji (Urbanič in sod., 2013, slika 15).

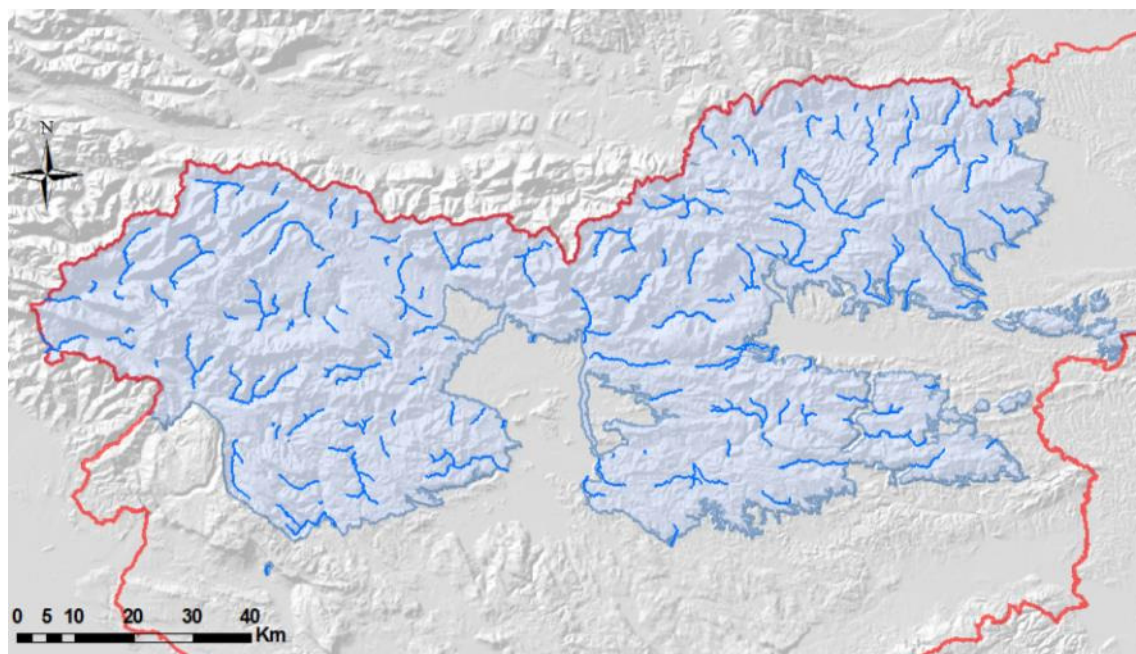


Slika . Hidroekoregije v Sloveniji (Urbanič, 2008a)



Slika . Ekološki tipi vodotokov v Sloveniji (Urbanič in sod., 2013a)

V raziskavi so obravnavani tipi vodotokov hidroekoregije Alpe s prispevno površino 10–100 km² (slika 17, preglednica 4).



Slika . Območje raziskave (hidroekoregija Alpe, vodotoki s prispevno površino 10–100 km²)

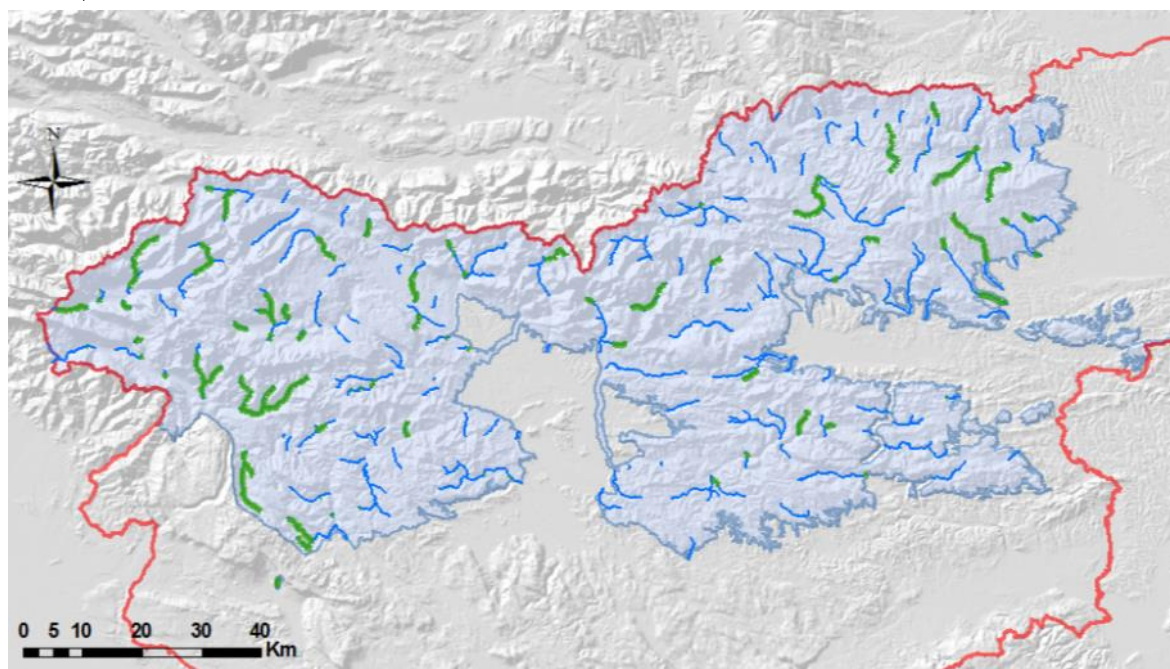


Preglednica . Seznam obravnavanih ekoloških tipov vodotokov s pripadajočo bioregijo ter skupno dolžino odsekov

Ekološki tip	Bioregija	Dolžina (km)
R_SI_4_KB-AL-D_1	Karbonatne Alpe-Donavsko porečje	51,6
R_SI_4_KB-AL-D_1_>700	Karbonatne Alpe-Donavsko porečje	55,4
R_SI_4_KB-AL-D_1_KI	Karbonatne Alpe-Donavsko porečje	96,7
R_SI_4_KB-AL-D_1_LI	Karbonatne Alpe-Donavsko porečje	5,6
R_SI_4_KB-AL-D_1_Pres	Karbonatne Alpe-Donavsko porečje	45,7
R_SI_4_KB-AL-J_1	Karbonatne Alpe-Jadransko porečje	37,4
R_SI_4_KB-AL-J_1_KI	Karbonatne Alpe-Jadransko porečje	44,8
R_SI_4_KB-AL-J_1_Pres	Karbonatne Alpe-Jadransko porečje	6,6
R_SI_4_PA-hrib-D_1	Predalpska hribovja-Donavsko porečje	420,6
R_SI_4_PA-hrib-D_1_KI	Predalpska hribovja-Donavsko porečje	42,9
R_SI_4_PA-hrib-D_1_Pres	Predalpska hribovja-Donavsko porečje	10,0
R_SI_4_PA-hrib-J_1	Predalpska hribovja-Jadransko porečje	91,7
R_SI_4_PA-hrib-J_1_KI	Predalpska hribovja-Jadransko porečje	6,7
R_SI_4_SI-AL_1	Silikatne Alpe	199,8
R_SI_4_SI-AL_1_>700	Silikatne Alpe	34,5

4.2 Določitev potencialnih vodotokov raziskave

Pri določitvi potencialnih vodotokov za raziskavo smo upoštevali prisotnost ribiškega upravljanja. Na podlagi sloja Zavoda za ribištvo Republike Slovenije o ribiških revirjih smo preverili ribiško upravljanje in za prvi izbor potencialnih vodotokov izbrali le tiste, ki imajo režim upravljanja definiran kot brez upravljanja, rezervat ali prizadeta voda. Od ribiških revirjev, ki imajo upravljanje definirano kot športna voda ali gojitveni potok, smo ohranili le tiste, za katere se je ob razvoju metodologije vrednotenja ekološkega stanja rek na podlagi rib izkazalo vsaj dobro ekološko stanje. Potencialni odseki vodotokov na območju raziskave so prikazani na sliki 17.



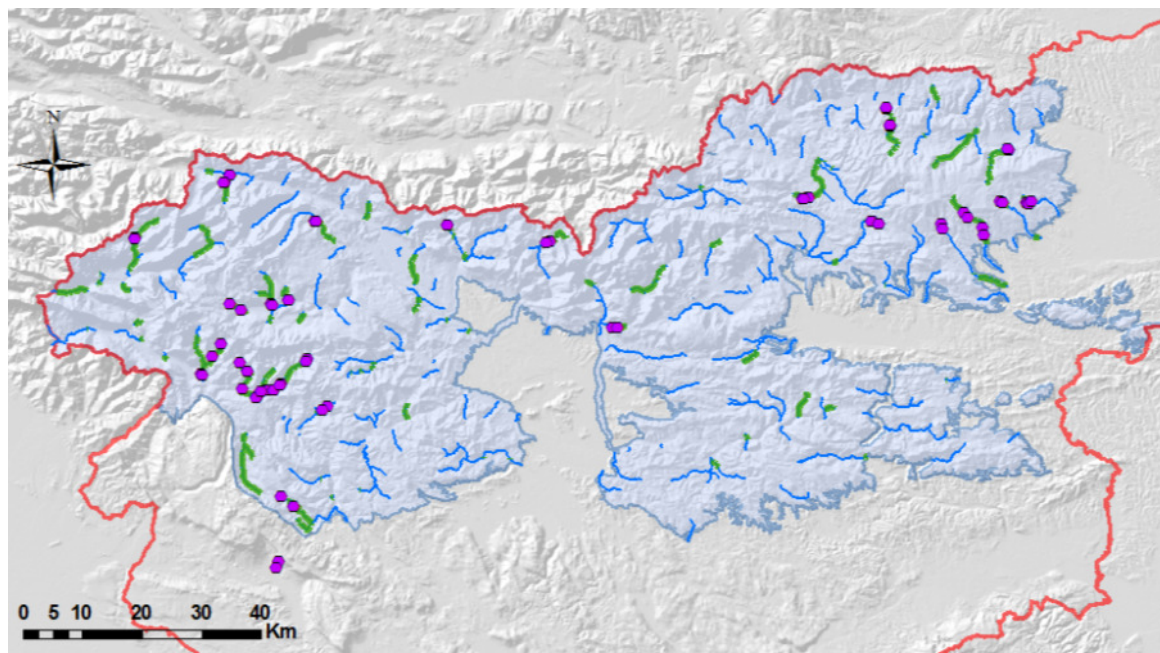
Slika . Potencialni odseki vodotokov (zeleno obarvano) na območju raziskave

4.3 Določitev potencialnih mHE ter izbor mHE za raziskavo

Potencialne mHE so bile določene na podlagi podatkov iz vodne knjige:

- sloja mHE iz baze vodnih dovoljenj (IzVRS, 2014), ter
- sloja HE z nazivno močjo do 10MW iz baze koncesij (IzVRS, 2014).

Na podlagi preveritve podatkov z Atlasom okolja (september, 2014) in poznavanjem terena smo določili 36 potencialnih mHE (preglednica 5) na potencialnih odsekih vodotokov (slika 18).



Slika . Potencialne mHE

Preglednica . Seznam potencialnih mHE z nadaljnimi kriteriji izbora; VP – ocena primernosti vodomerne postaje, HM – ocena primernosti odseka glede na ekomorfološko kategorizacijo

Št.	Koordinata X	Koordinata Y	Položaj	Bioregija	Kriteriji		
					Dolžina (m)	VP	HM
1	158206	518630	zajem	SIAL	140	3	5
1	158346	518624	izpust	SIAL	140	3	5
2	161160	518030	zajem	SIAL	80	3	1
2	161240	518030	izpust	SIAL	80	3	1
3	154222	538524	zajem	SIAL	248	3	1
3	154412	538365	izpust	SIAL	248	3	1
4	145958	504048	zajem	PAhrD	123	3	4
4	145911	504162	izpust	PAhrD	123	3	4
5	146056	504760	zajem	PAhrD	339	3	4
5	146168	505080	izpust	PAhrD	339	3	4
6	141819	527267	zajem	SIAL	880	4	4
6	140976	527520	izpust	SIAL	880	4	4
7	143670	531152	zajem	SIAL	1075	3	4
7	142786	531764	izpust	SIAL	1075	3	4



Št.	Koordinata X	Koordinata Y	Položa j	Bioregija	Kriteriji		
					Dolžina (m)	VP	HM
8	145460	537230	zajem	SIAL	391	3	4
8	145235	537550	izpust	SIAL	391	3	4
9	145370	541535	zajem	SIAL	279	2	4
9	145227	541775	izpust	SIAL	279	2	4
10	145190	542070	zajem	SIAL	552	2	4
10	145560	542480	izpust	SIAL	552	2	4
11	142059	515683	zajem	SIAL	262	4	4
11	142069	515421	izpust	SIAL	262	4	4
12	141758	516813	zajem	SIAL	29	4	4
12	141765	516785	izpust	SIAL	29	4	4
13	124232	472000	zajem	KBALD	960	3	3
13	124230	472960	izpust	KBALD	960	3	3
14	138750	461420	zajem	KBALD	581	2	4
14	138640	460850	izpust	KBALD	581	2	4
15	141483	444216	zajem	KBALD	65	2	3
15	141434	444259	izpust	KBALD	65	2	3
16	128923	417524	zajem	KBALD	78	3	3
16	128863	417574	izpust	KBALD	78	3	3
17	128260	414750	zajem	KBALD	164	3	3
17	128130	414850	izpust	KBALD	164	3	3
18	128336	407675	zajem	KBALD	2208	2	5
18	127301	409625	izpust	KBALD	2208	2	5
19	142198	422066	zajem	KBALD	158	3	3
19	142137	422212	izpust	KBALD	158	3	3
20	149878	407749	zajem	KBALD	90	1	3
20	149909	407834	izpust	KBALD	90	1	3
21	148633	406809	zajem	KBALD	84	1	1
21	148709	406773	izpust	KBALD	84	1	1
22	139493	391817	zajem	KBALJ	275	4	3
22	139247	391695	izpust	KBALJ	275	4	3
23	121554	406188	zajem	KBALJ	2543	3	4
23	119426	404796	izpust	KBALJ	2543	3	4



Št.	Koordinata X	Koordinata Y	Položa j	Bioregija	Kriteriji		
					Dolžina (m)	VP	HM
24	116504	402888	zajem	KBALJ	280	5	4
24	116360	403128	izpust	KBALJ	280	5	4
25	118329	409341	zajem	KBALJ	1965	3	4
25	116876	410664	izpust	KBALJ	1965	3	4
26	116875	410670	zajem	KBALJ	3050	3	4
26	113920	409915	izpust	KBALJ	3050	3	4
27	112641	412360	zajem	PAhrJ	155	4	3
27	112627	412206	izpust	PAhrJ	155	4	3
28	113680	413020	zajem	PAhrJ	182	4	3
28	113500	412990	izpust	PAhrJ	182	4	3
29	113805	414606	zajem	PAhrJ	844	3	4
29	113740	413765	izpust	PAhrJ	844	3	4
30	113802	415074	zajem	PAhrJ	59	3	4
30	113785	415017	izpust	PAhrJ	59	3	4
31	114808	416328	zajem	PAhrJ	199	3	4
31	114680	416176	izpust	PAhrJ	199	3	4
32	119070	420700	zajem	PAhrJ	421	2	1
32	118700	420500	izpust	PAhrJ	421	2	1
33	111120	424130	zajem	PAhrJ	1010	3	4
33	110510	423325	izpust	PAhrJ	1010	3	4
34	95933	416358	zajem	PAhrJ	2696	2	5
34	94309	418510	izpust	PAhrJ	2696	2	5
35	85021	415982	zajem	PAhrJ	1268	3	4
35	83891	415406	izpust	PAhrJ	1268	3	4
36	141110	534250	zajem	SIAL	1335	3	4
36	139790	534450	izpust	SIAL	1335	3	4

Za določitev izbora mHE smo na seznamu potencialnih mHE nadalje uporabili naslednje kriterije:

- 1) Oceno primernosti vodomerne postaje (v.p.) za namen korelacije za določitev hidroloških parametrov na izbranih odsekih vodotokov. V oceni primernosti v.p. smo upoštevali:



- a. sloj ukinjenih in delujočih v.p., ki je bil pripravljen za ta namen, bližino lokacije v.p. glede na izbrane odseke vodotokov;
- b. delovanje v.p. (leto 2014 ali bližnja preteklost);
- c. dolžino niza razpoložljivih podatkov (daljši niz pomeni večjo primernost);
- d. karakteristike, pomembne za hidrološko primerljivost v.p.: lokacija v.p. na istem vodotoku ali na istem porečju, sosednjem porečju, velikost prispevnega območja, usmerjenost porečja glede na sonce, povprečna nadmorska višina prispevnega območja, hidrogeologija, pokrovnost, obremenjenost zaradi rabe voda t.j. vpliva na hidrološki režim;
- e. število v.p., ki bi se lahko uporabile za korelacijo (oz. oceno hidrološke primerljivosti) za izbrani odsek vodotoka.

Glede na oceno primernosti vodomerne postaje smo vse potencialne mHE razvrstili v razrede 1–5 (slika 19, preglednica 2; 5 – najbolj primerna, 1 - najmanj primerna) in izbrali le tiste, ki so dosegale oceno večjo ali enako 3.

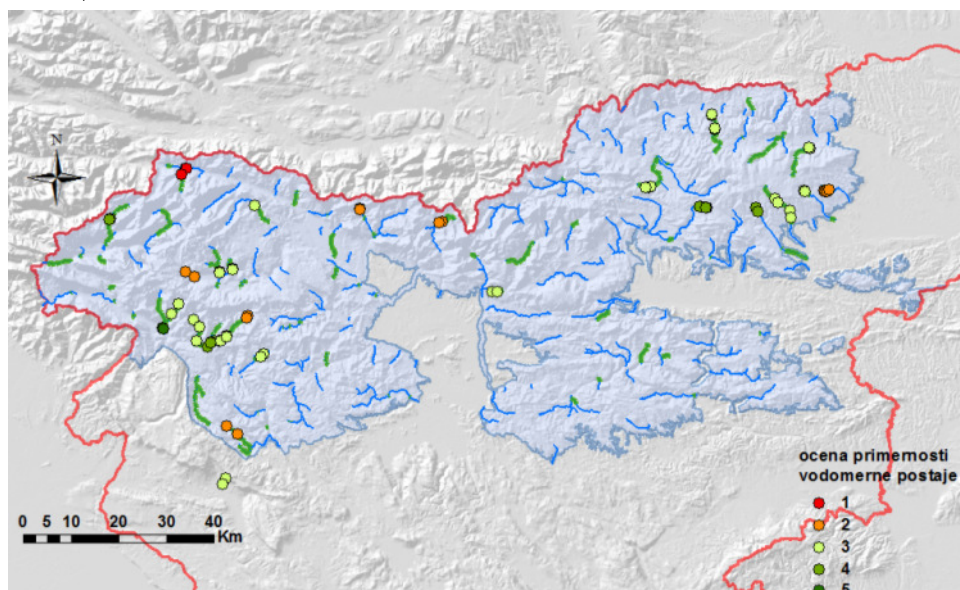
- 2) Oceno primernosti odseka glede na morfološke obremenitve. Ocene smo podali na osnovi strokovne presoje, pri čemer smo si pomagali s kategorizacijo urejanja vodotokov (VGI, 2002; Atlas okolja, 2014), ortofoto posnetki (Atlas okolja, 2014) ter terenskim poznavanjem vodotokov. Ocene 1–5 označujejo od morfološko zelo močno spremenjenega odseka do naravnega odseka (preglednica 6). Glede na morfološke obremenitve smo vse potencialne odseke pod vplivom mHE razvrstili v razrede 1–5 (slika 20, preglednica 5) in izbrali le tiste, ki so dosegale oceno večjo ali enako 3.

Preglednica . Pojasnilo razredov ocene primernosti odseka glede na morfološke obremenitve

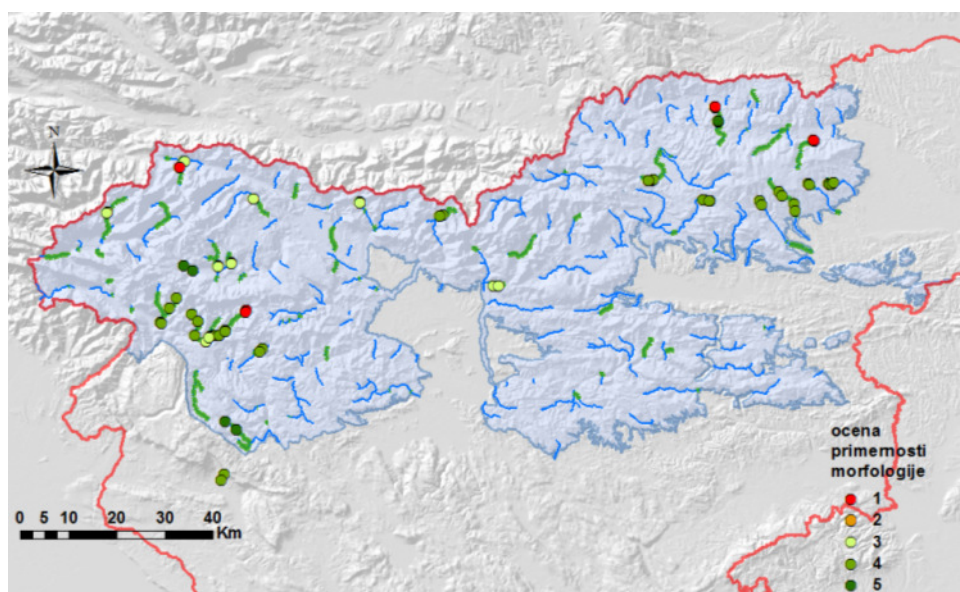
Ocena primernosti odseka	Opis ocene primernosti odseka
1	Odsek vodotoka je morfološko zelo močno spremenjen
2	Odsek vodotoka je morfološko močno spremenjen
3	Odsek vodotoka je zmerno do močno morfološko spremenjen
4	Odsek vodotoka je malo do zmerno morfološko spremenjen
5	Odsek vodotoka je naraven do zelo malo morfološko spremenjen

- 3) Zaradi metodologije za vrednotenje ekološkega stanja na podlagi hidromorfoloških elementov kakovosti po Slovenskem hidromorfološkem sistemu smo iskali odseke, ki so daljši od 500 m. Zato smo upoštevali tudi kriterij, da mora biti dolžina odseka med zajemom in izpustom mHE večja od 500 m.

Ob upoštevanju vseh kriterijev smo želeli narediti izbor mHE tako, da bi zajeli kar najširši gradient tipoloških značilnosti, zato smo v vsaki bioregiji skušali izbrati po eno mHE. Po vseh kriterijih smo lahko izbrali mHE le v treh bioregijah, zato smo v bioregijah Karbonatne Alpe - Donavsko porečje in Predalpska hribovja - Donavsko porečje izbrali mHE, ki ima dolžino odseka med zajemom in izpustom mHE manjšo od 500 m.



Slika . Potencialne mHE z oceno primernosti vodomerne postaje

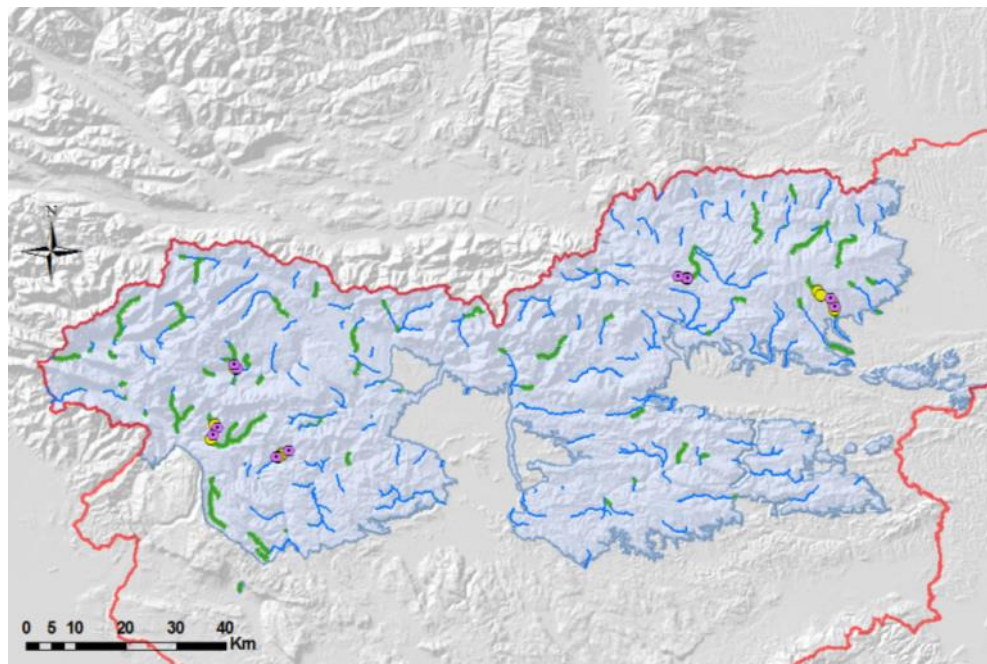


Slika . Potencialne mHE z oceno primernosti glede na ekomorfološko kategorizacijo



4.4 Izbor vzorčnih mest

Na podlagi terenskega ogleda smo izbrali 10 vzorčnih mest (slika 21), na katerih se bodo v nadaljnjih delovnih svežnjih izvedle hidrološke meritve ter ovrednotilo ekološko stanje po vseh elementih kakovosti.



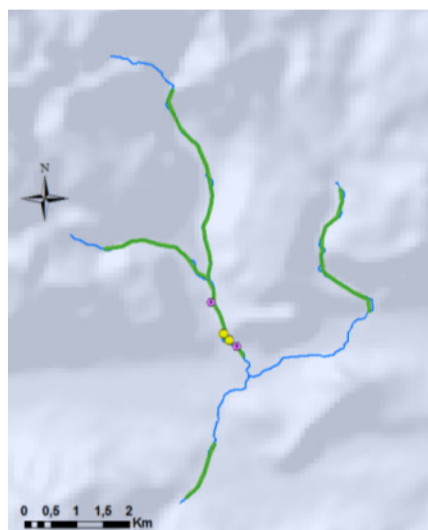
Slika . Izbrana vzorčna mesta (roza) ter mHE (rumena)

Izbrali smo 5 vodotokov v različnih bioregijah in na vsakem po dve vzorčni mesti (preglednica 7, slike 22–26) glede na prisotnost mHE: pred zajemom, pod zajemom in pred izpustom ter pod izpustom.

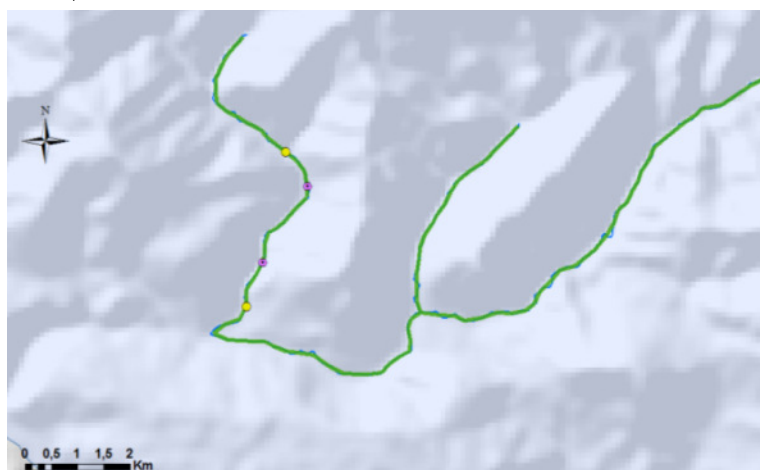


Preglednica . Seznam vzorčnih mest s koordinatami, pripadnostjo bioregiji in položajem upoštevajoč spremembo količine vode v strugi zaradi mHE (hidrološko) in prečnega objekta zaradi mHE (prečni objekt)

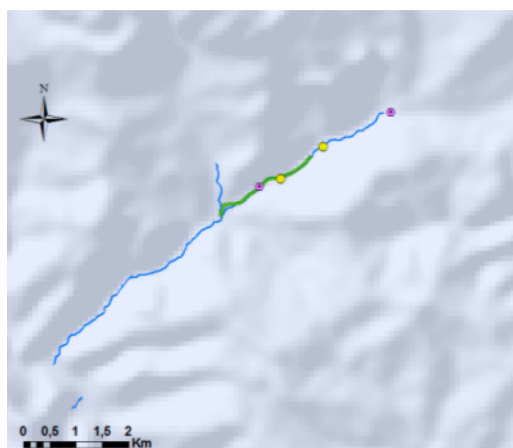
Št. VM	Koordinata Y	Koordinata X	Bioregija	Položaj (hidrološko)	Položaj (prečni objekt)
1	414995	128004	Karbonatne Alpe – Donavsko porečje	pod zajemom	pod zajemom
2	414505	128842	Karbonatne Alpe – Donavsko porečje	nad zajemom	nad zajemom
3	411086	116220	Karbonatne Alpe – Jadransko povodje	pod zajemom	pod zajemom
4	410224	114760	Karbonatne Alpe – Jadransko povodje	pod zajemom	pod zajemom in pritokom
5	425419	111768	Predalpska hribovja – Jadransko povodje	pod zajemom	pod zajemom
6	422911	110348	Predalpska hribovja – Jadransko povodje	pod izpustom	pod izpustom
7	534336	140459	Silikatne Alpe	pod zajemom	pod zajemom
8	533597	142180	Silikatne Alpe	pod zajemom	pod zajemom in pred zajemom
9	504986	146113	Predalpska hribovja – Donavsko porečje	pod zajemom	pod zajemom
10	503017	146529	Predalpska hribovja - Donavsko porečje	pod izpustom	pod izpustom in pred zajemom



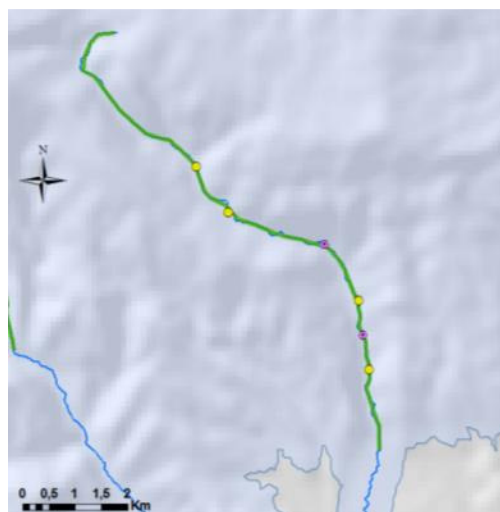
Slika . Izbrana vzorčna mesta (roza) ter mHE (rumena) na vodotoku Mostnica bioregije Karbonatne Alpe - Donavsko porečje



Slika . Izbrana vzorčna mesta (roza) ter mHE (rumena) na vodotoku Kneža bioregije Karbonatne Alpe - Jadransko povodje



Slika . Izbrana vzorčna mesta (roza) ter mHE (rumena) na vodotoku Cerknica bioregije Predalpska hribovja - Jadransko povodje



Slika . Izbrana vzorčna mesta (roza) ter mHE (rumena) na vodotoku Oplotnica bioregije Silikatne Alpe

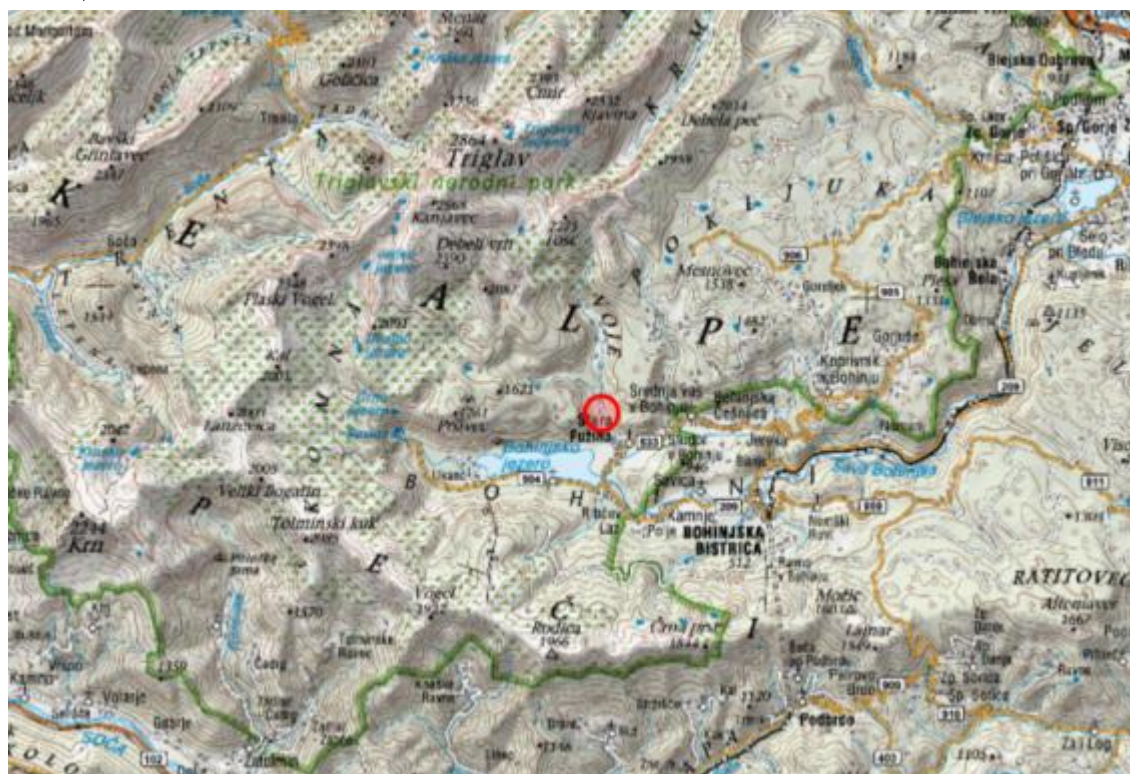


Slika . Izbrana vzorčna mesta (roza) ter mHE (rumena) na vodotoku Suhodolnica bioregije Predalpska hribovja - Donavsko porečje

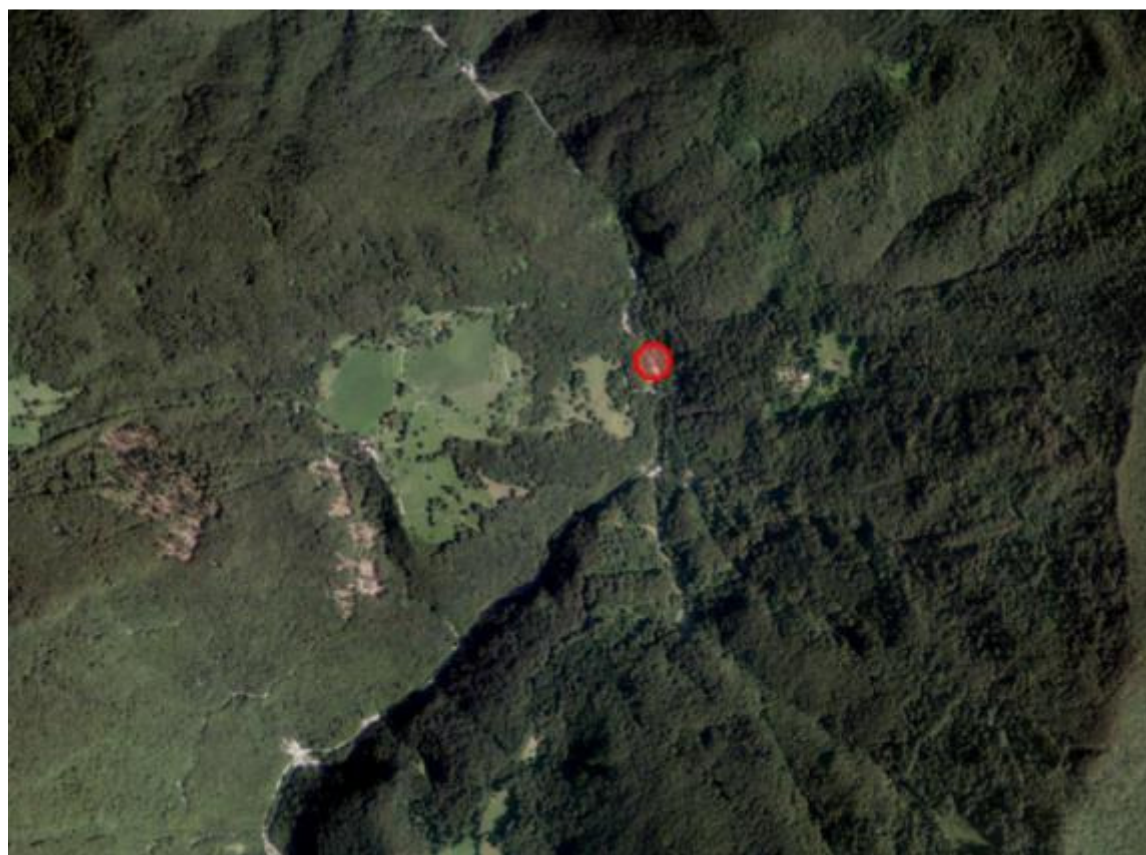
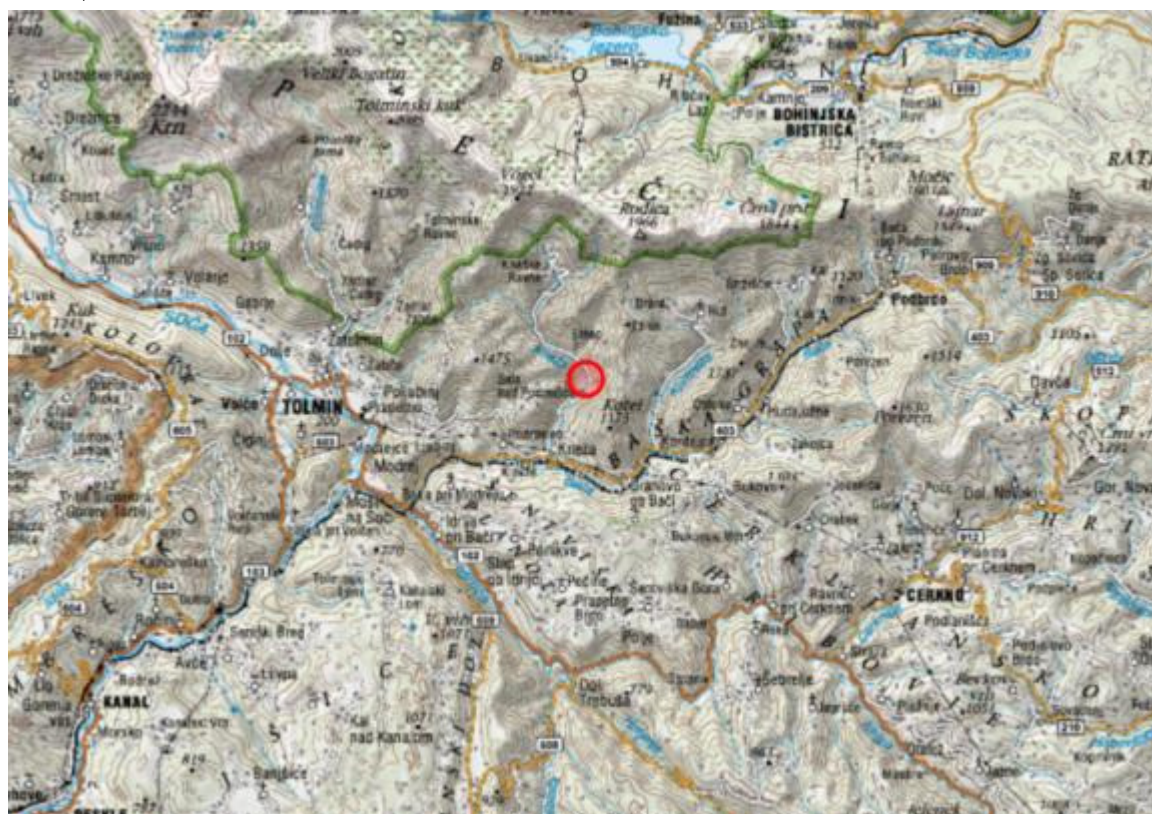
V nadaljevanju je vsako posamezno vzorčno mesto prikazano na cestni karti in ortofoto posnetku (Atlas okolja) (slike 27-36). Prikazani ortofoto posnetki so med leti 2009-2011.



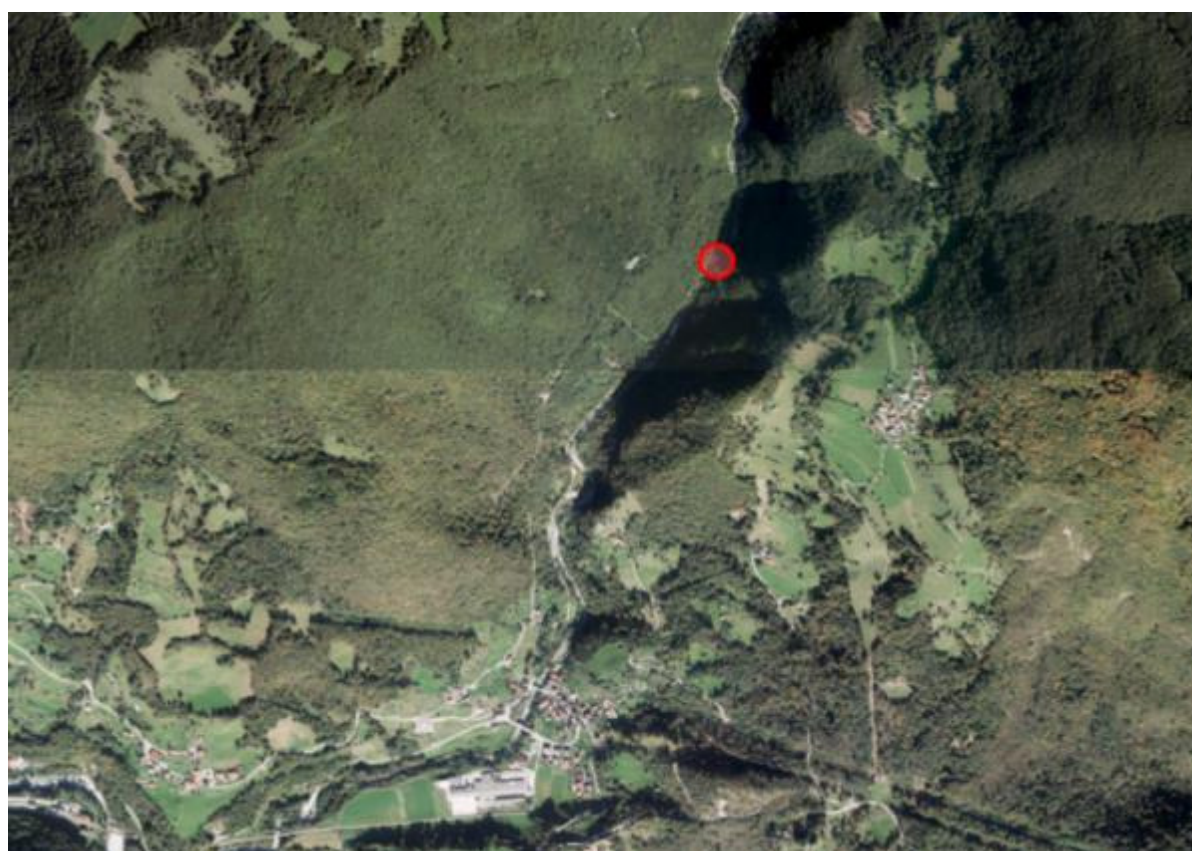
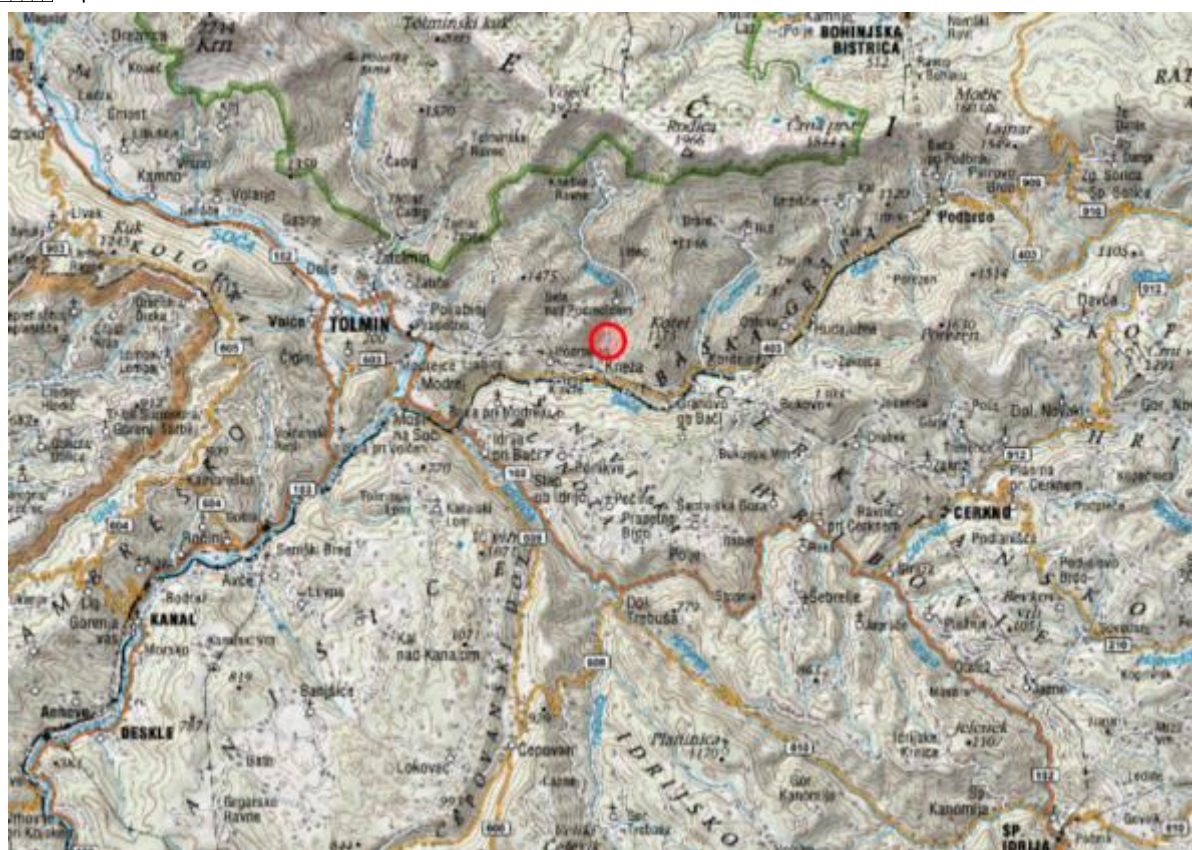
Slika . Mostnica, pod zajemom (koordinati: 414995, 128004)



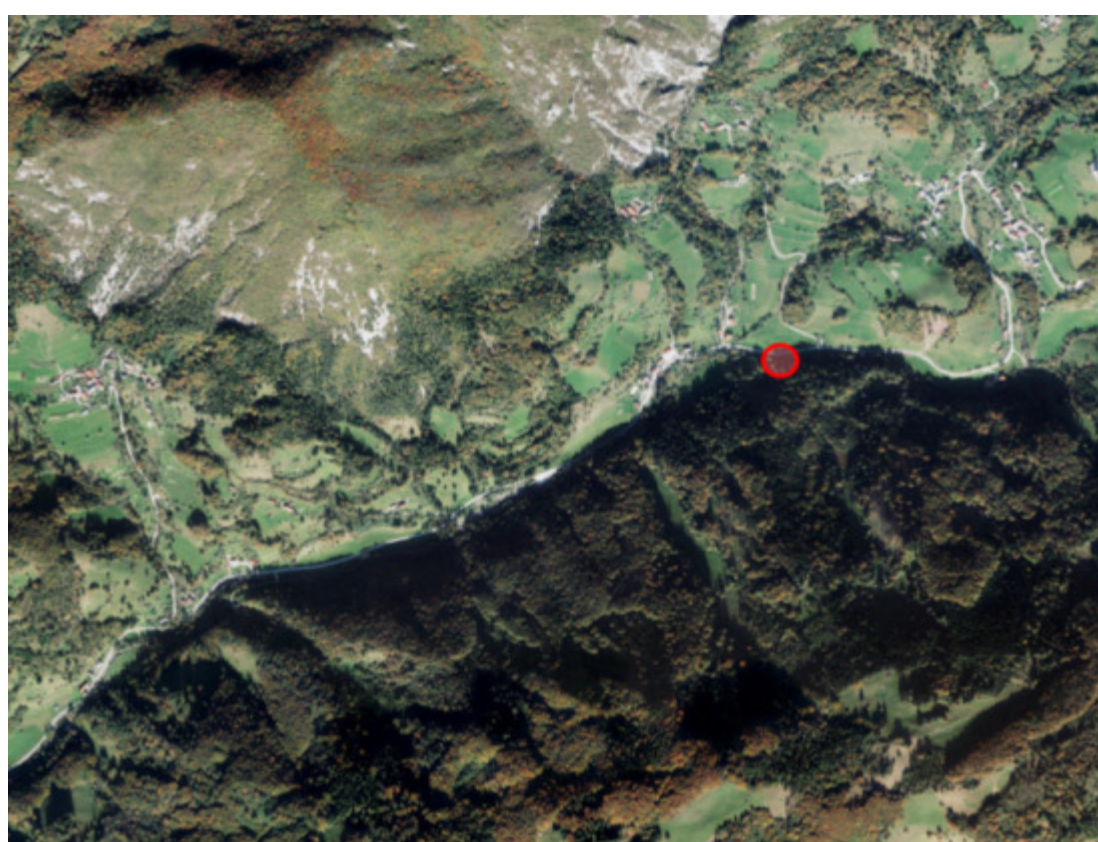
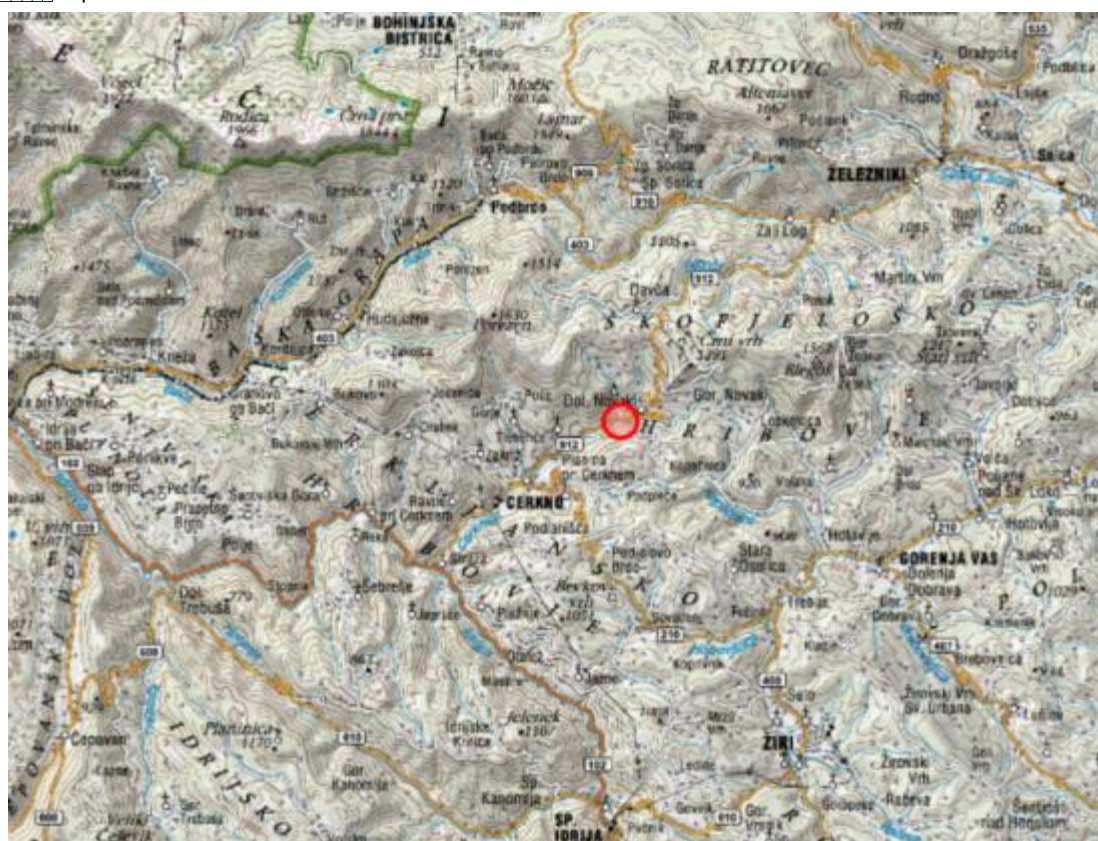
Slika . Mostnica, nad zajemom (koordinati: 414505, 128842)



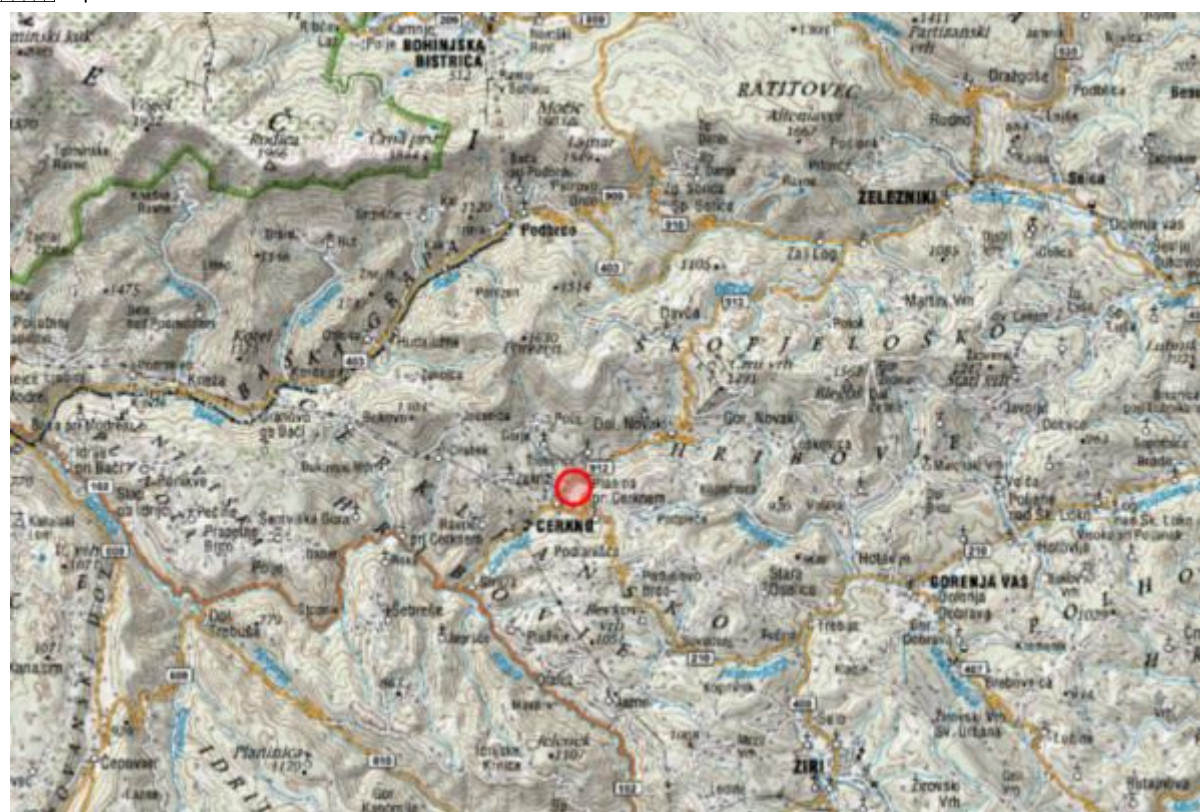
Slika . Kneža, pod zajemom (koordinati: 411086, 116220)



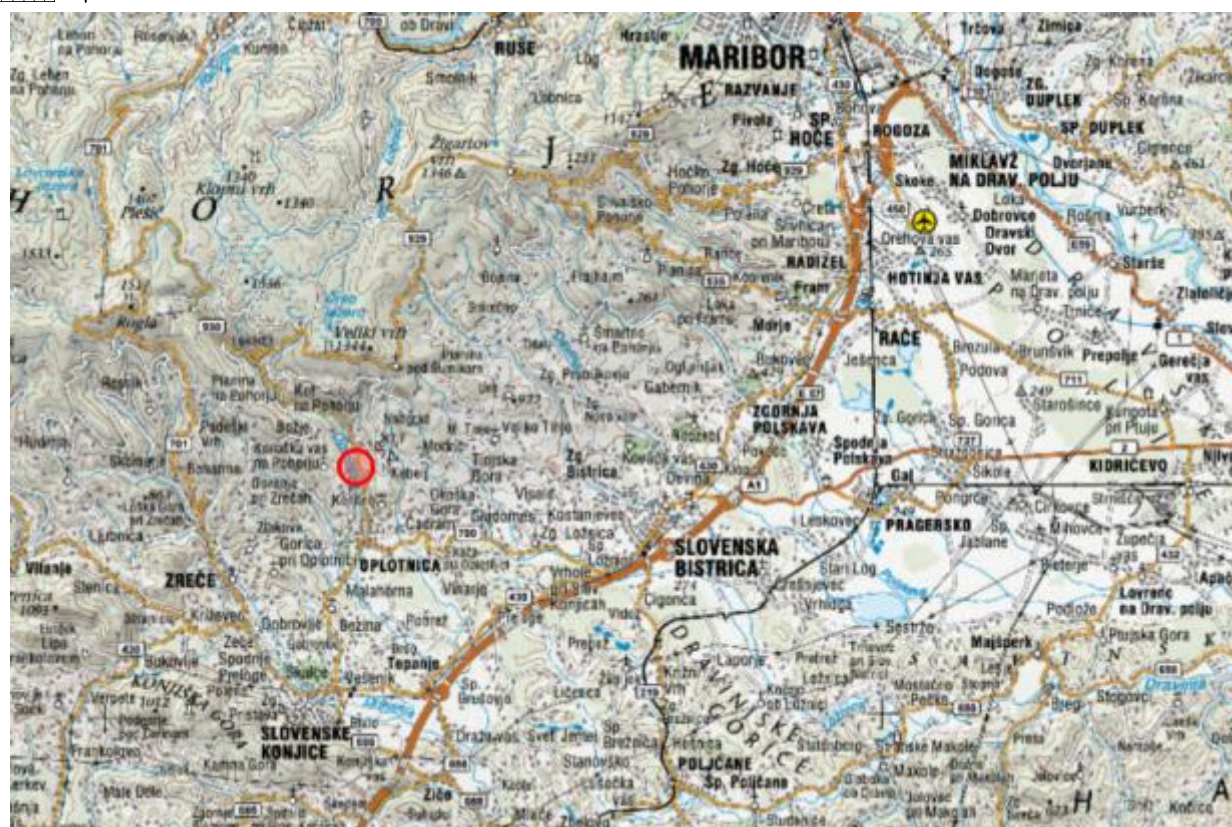
Slika . Kneža, pod zajemom in pritoku (koordinati: 410224,114760)



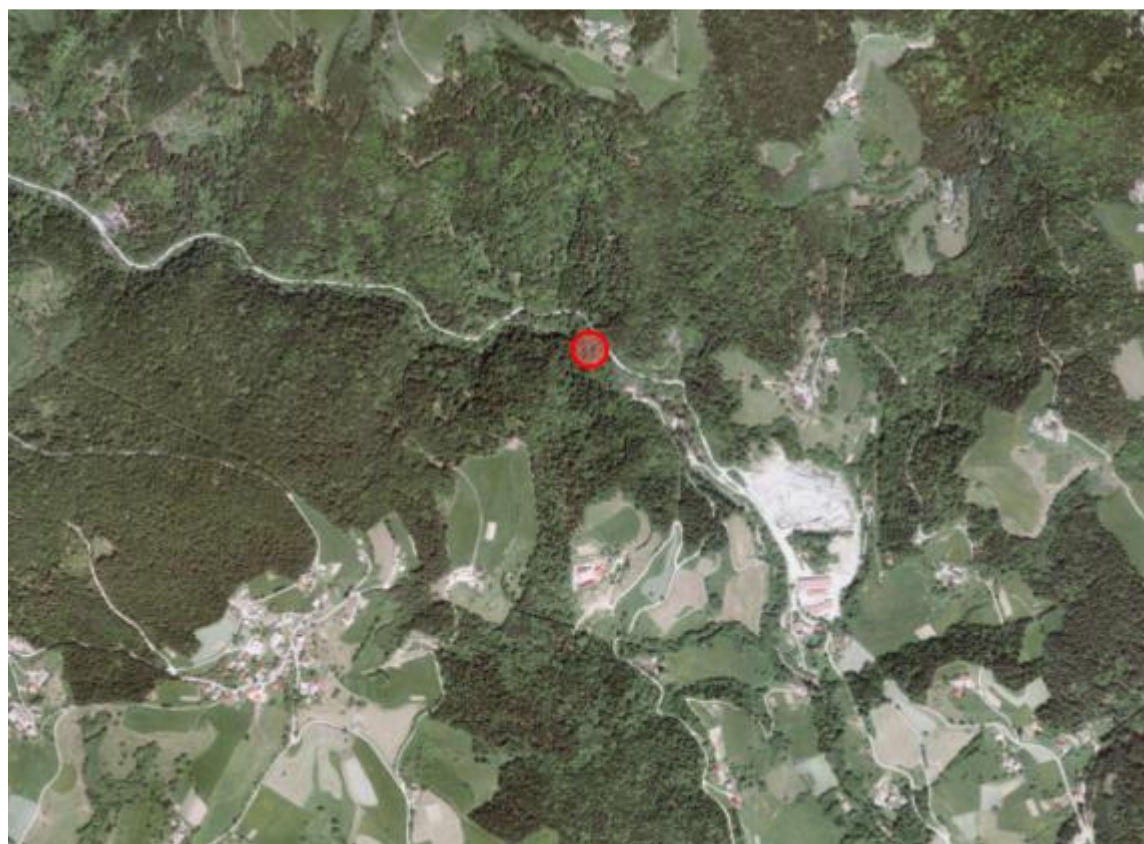
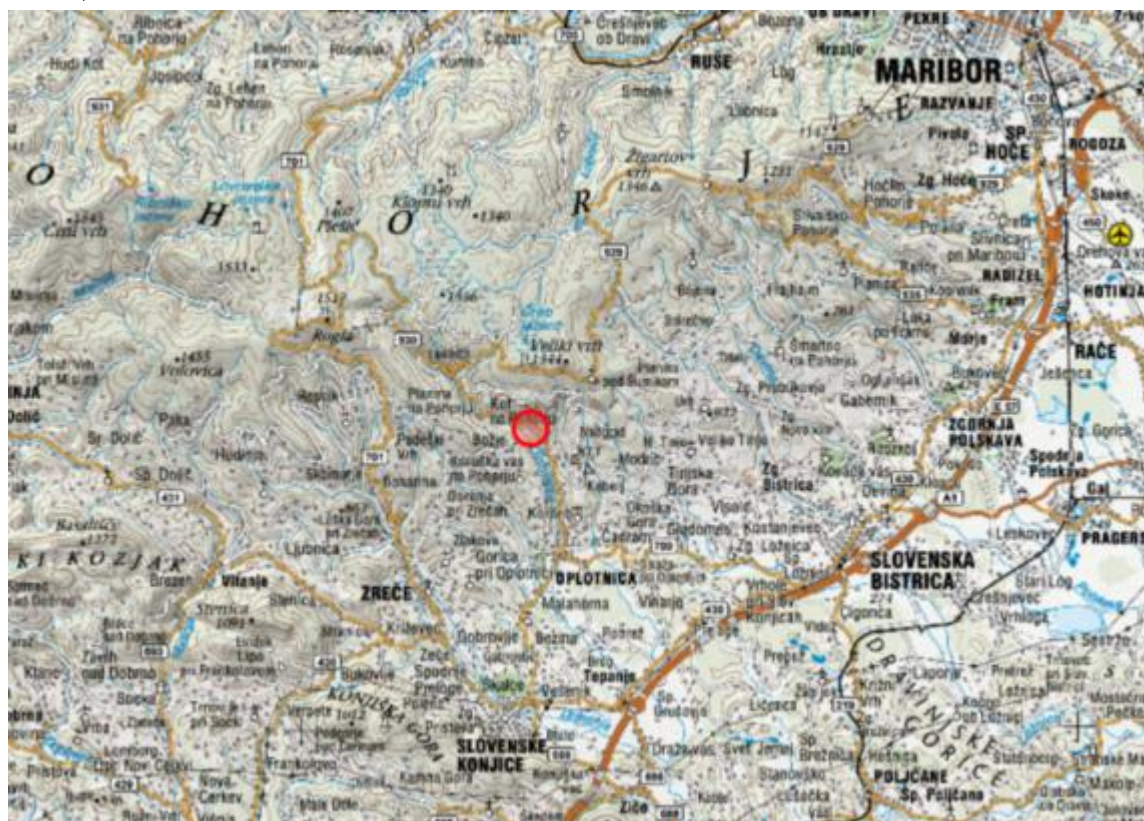
Slika . Cerklje ob Gori, pod zajemom (koordinati: 425419, 111768)



Slika . Cerknica, pod izpustom (koordinati: 422911, 110348)



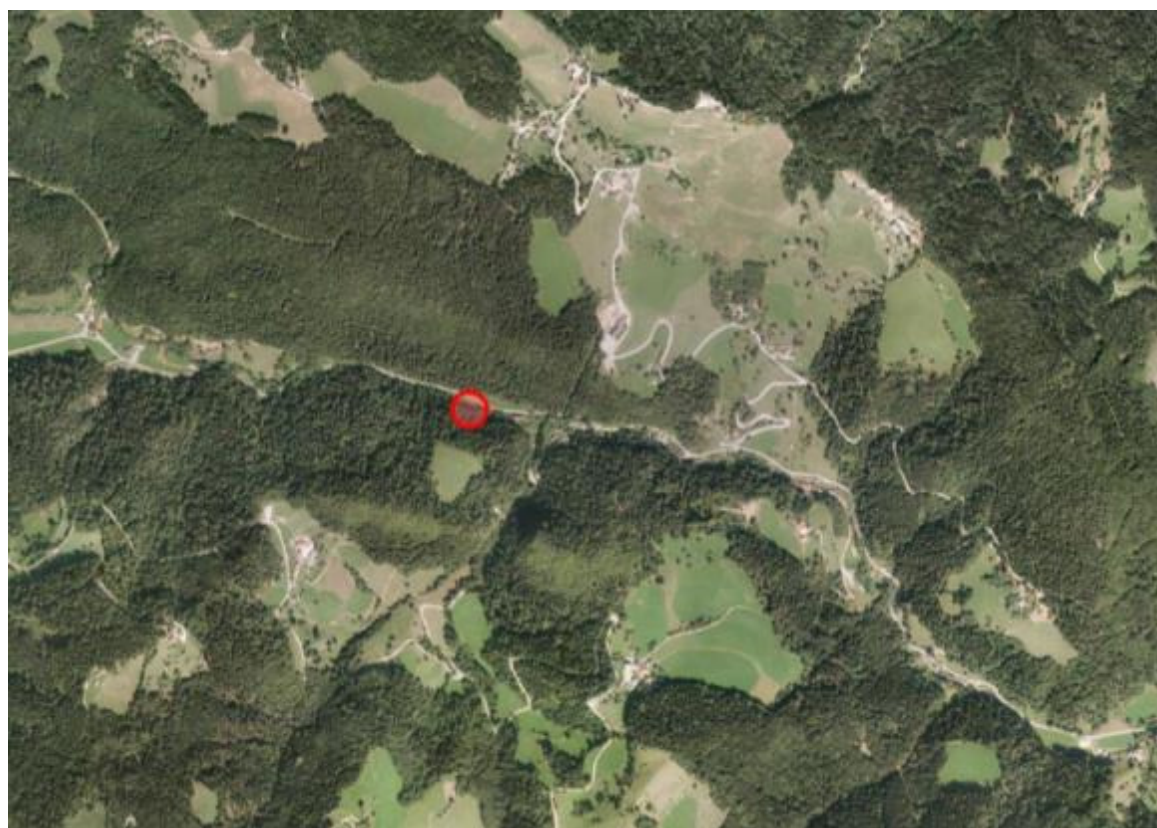
Slika . Oplotnica, pod zajemom (koordinati: 534336, 140459)



Slika . Oplotnica, pod zajemom in pred zajemom (koordinati: 533597, 142180)



Slika . Suhodolnica, pod zajemom (koordinati: 504986, 146113)



Slika . Suhodolnica, pod izpustom in pred zajemom (koordinati: 503017, 146529)

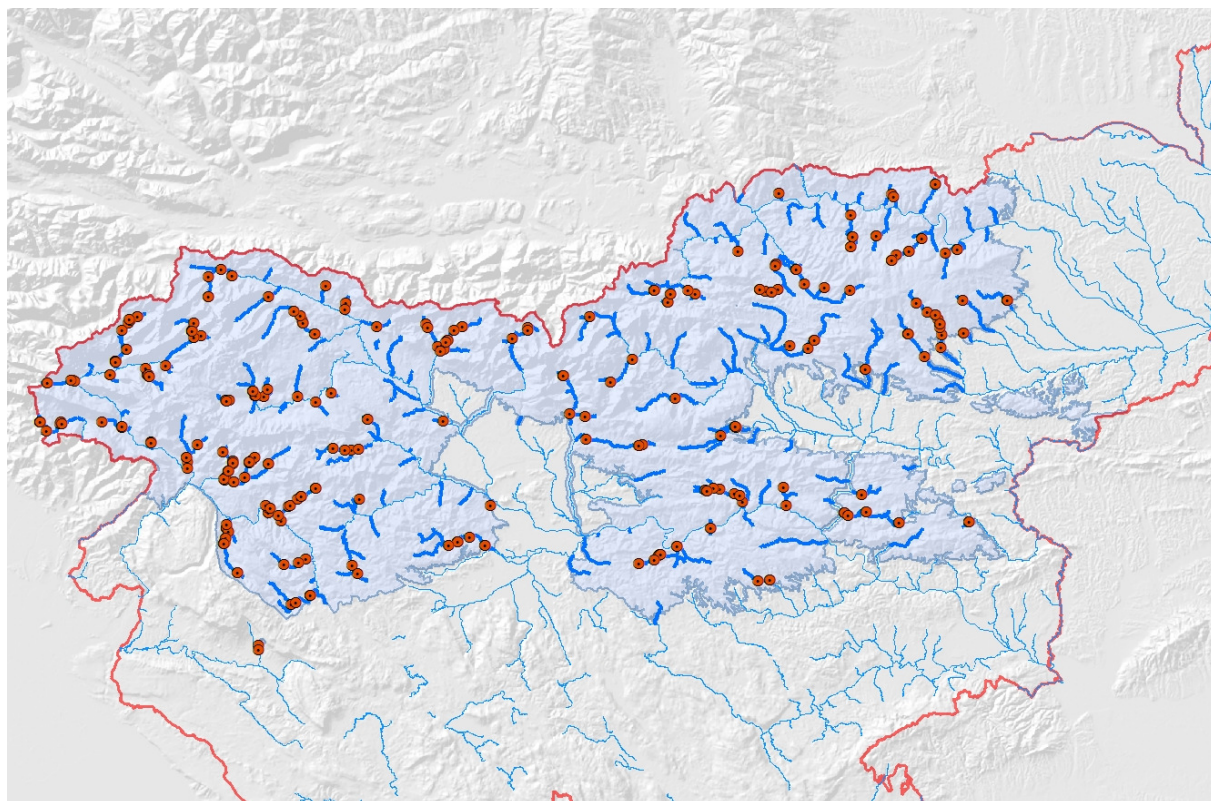


4.5 Obstoječi podatki o bioloških elementih kakovosti

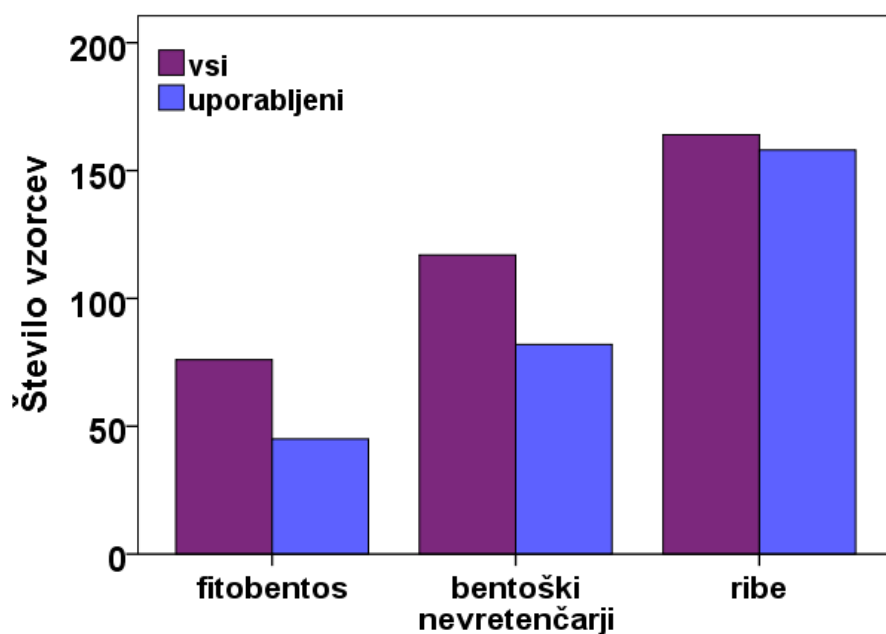
Ker so podatki z 10 mest vzorčenja najmanjša količina, ki jo potrebujemo za statistične analize, z večanjem števila primernih podatkov pa se izboljšuje kakovost in zanesljivost rezultatov, smo zbrali še podatke o vzorcih fitobentosa, bentoških nevretenčarjev in rib v vzorcih na območju raziskave (mali vodotoki hidroekoregije Alpe), pridobljenih v okviru državnega monitoringa ter predvsem za potrebe razvoja metodologij vrednotenja ekološkega stanja za posamezne biološke elemente kakovosti (za seznam poročil glej Urbanič in sod. 2013, 2015).

Vseh zbranih podatkov smo imeli 357 (slika 37; priloga A), od tega 117 vzorcev bentoških nevretenčarjev, 76 vzorcev fitobentosa ter 164 vzorcev rib (slika 38). Pred analizami smo nekatere podatke izločili, in sicer:

- vzorce bentoških nevretenčarjev, ki niso bili vzorčeni po metodologiji vrednotenja ekološkega stanja (glede na sezono);
- vzorce z vzorčnih mest, kjer nismo mogli pridobiti podatkov za preračun hidroloških parametrov;
- nekatere vzorce rib zaradi ugotovljenih napak;
- pri vzorcih bentoških nevretenčarjev in fitobentosa smo za nadaljno analizo izbrali le tiste, kjer smo imeli podatke za vse obravnavane obremenitve; pri vzorcih rib pa podatke o rabi zemljišč ter izračunane hidrološke parametre.



Slika . Vzorčna mesta (oranžni krogci) s podatki bioloških elementov kakovosti. S svetlo modro je označena ekoregija Alpe.



Slika . Razporeditev števila vzorcev posameznih bioloških elementov zbranega (vsi) in v analizah uporabljenega (uporabljeni) seta podatkov.

Po pregledu podatkov smo za nadaljne analize uporabili set podatkov z 285 vzorci (slika 38), od tega 82 vzorcev bentoških nevretenčarjev, 45 vzorcev fitobentosa in 158 vzorcev rib.



4.6 Viri

- Allan, J.D. 2004. Landscapes and riverscapes: The influence of land use on stream ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35(1), 257–284. doi:10.1146/annurev.ecolsys.35.120202.110122
- Allan, J.D., Castillo, M.M. 2007. *Stream ecology. Structure and function of running waters* (Second edi., p. 436). Dordrecht: Springer.
- Direktiva 2000/60/ES evropskega parlamenta in sveta z dne 23. oktobra 2000. Bruselj, 72 str.,11 prilog.
- Feld, C.K., Hering, D. 2007. Community structure or function: effects of environmental stress on benthic macroinvertebrates at different spatial scales. *Freshwater Biology*, 52(7): 1380–1399
- Friberg, N., Skriver, J., Larsen, S.E., Pedersen, M.L., Buffagni, A. 2009. Stream macroinvertebrate occurrence along gradients in organic pollution and eutrophication. *Freshwater Biology*, 55(7), 1405–1419. doi:10.1111/j.1365-2427.2008.02164.x
- Heathwaite, A.L. 2010. Multiple stressors on water availability at global to catchment scales: understanding human impact on nutrient cycles to protect water quality and water availability in the long term. *Freshwater Biology*, 55, 241–257. doi:10.1111/j.1365-2427.2009.02368.x
- Ormerod, S.J., Dobson, M., Hildrew, a.G., Townsend, C.R. 2010. Multiple stressors in freshwater ecosystems. *Freshwater Biology*, 55, 1–4. doi:10.1111/j.1365-2427.2009.02395.x
- Pavlin, M., Birk, S., Hering, D., Urbanič, G. 2011. The role of land use, nutrients, and other stressors in shaping benthic invertebrate assemblages in Slovenian rivers. *Hydrobiologia*, 678(1), 137–153. doi:10.1007/s10750-011-0836-8
- Poff, N.L.R., Allan, J.D., Bain, M.B., Karr, J.R., Prestegard, K.L., Richter, B.D., Sparks, R.E., Stromberg, J.C. 1997. The natural flow regime. *BioScience*, 47(11), 769–784.
- Urbanič, G. 2005a. Tipske regije tekočih voda Slovenije. V: Urbanič, G. 2005. Program dela Inštituta za vode Republike Slovenije za leto 2005. Inštitut za vode RS, Ljubljana, str. 11-14.
- Urbanič, G. 2005b. 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. 2006a. Dopolnitve v razmejitvi hidroekoregij in bioregije celinskih voda Slovenije. V: Urbanič, G. (2006). Dodelava tipizacije za reke in jezera. Poročilo o delu v letu 2006. Inštitut za vode RS, Ljubljana, str. 12-19.
- Urbanič, G. 2006b. Opis tipov rek v Sloveniji. V: Urbanič, G. 2006. Ekološko stanje površinskih voda. Poročilo o delu v letu 2006. Inštitut za vode RS, Ljubljana, str. 20-25.
- Urbanič, G. 2007a. Ekoregije celinskih voda – hidroekoregije v Sloveniji; dopolnitve v razmejitvi; dopolnitve.V: Urbanič, G. 2007. Dopolnitev tipov. Poročilo. Inštitut za vode RS, Ljubljana, str. 4-8.
- Urbanič, G. 2007b. Bioregije celinskih voda in velike reke Slovenije; dopolnitve.V: Urbanič, G. 2007. Dopolnitev tipov. Poročilo. Inštitut za vode RS, Ljubljana, str. 9-14.
- Urbanič, G. 2007c. Tipi rek v Sloveniji. V: Urbanič, G. 2007. Dopolnitev tipov. Poročilo. Inštitut za vode RS, Ljubljana, str. 15-22.
- Urbanič, G., Peterlin, M. 2007. Dopolnitev tipologije. Tipologija somornic v Sloveniji. Inštitut za vode Republike Slovenije, Ljubljana.
- Urbanič, G. 2011. Vrednotenje ekološkega stanja rek. Ekološki tipi rek – dopolnitev. Inštitut za vode Republike Slovenije, Ljubljana.
- Urbanič, G. 2011. Ecological status assessment of rivers in Slovenia – an overview. *Natura Sloveniae* 13:5-16.
- Urbanič, G., Toman, M.J. 2003. Varstvo celinskih voda. Ljubljana: Študentska založba, 94 str.
- Urbanič, G., Kregar, M., Cunder, M., Petkovska, V., Pavlin Urbanič, M. 2013. Preveritev in dopolnitev ekoloških tipov rek in jezer. Poročilo o delu za leto 2013. Inštitut za vode Republike Slovenije, Ljubljana, 26 str.
- Urbanič, G., Mohorko, T., Peterlin, M., Petkovska, V., Štupnikar, N., Remec-Rekar, Š., Francé, J., Eleršek, T., Kosi, G., Mavrič, B., Orlando-Bonaca, M., Bajt, O., Mozetič, P., Germ, M., Pavlin Urbanič, M., Podgornik, S. 2013. Uredba o stanju površinskih voda: priprava strokovnih podlag. Poročilo o delu za leto 2013. Ljubljana, 63 str. in priloge.
- Urbanič, G., Petkovska, V., Dolinar, N., Kuhar, U., Remec-Rekar, Š., Rotar, B., Sever, M., Eleršek, T., Francé, J., Kosi, G., Mavrič, B., Orlando-Bonaca, M., Germ, M., Gaberščik, A., Podgornik, S. 2015. Dopolnitev metodologij vrednotenja ekološkega stanja in razvrščanja vodnih teles površinskih voda na podlagi bioloških elementov kakovosti pripravljenih v letu 2013. Poročilo o delu IzVRS za leto 2015. Ljubljana, 21 str. in priloge.



5 HIDROLOŠKE RAZMERE

Hidrološke razmere na obravnavani lokaciji vodotoka so predstavljene s hidrološkimi parametri, katere osnovni parameter je dnevni pretok. Statistike in predstavitev so izvedene na koledarskem letu in obdobju.

Pri iskanju relacije med ekološko sprejemljivim pretokom (Qes) in dobrim ekološkim stanjem je potrebno raziskati, kateri hidrološki parametri so lahko primerni kazalniki. Za vzpostavitev in potrditev kazalnikov je potrebna dovolj velika množica različnih parametrov, med katerimi je možno najti soodvisnosti. Usmeritev pri izdelavi analize je bila pridobiti hidrološke parametre za čim več vzorčnih mest. To je pogojevalo izbiro metode.

Hidrološki parametri za vzorčna mesta (VM) so določeni na podlagi podatkov s hidroloških podatkov z vodomernih postaj (v.p.). Za vsako VM je bil določen faktor na podlagi razmerja velikosti prispevnih površin med v.p. in VM in razmerja srednjih letnih specifičnih odtokov. Na vodotokih, kjer so bile izvedene simultane hidrološke meritve (HM), so bili uporabljeni tudi podatki razmerja specifičnih odtokov HM med vzorčnim mestom ter vodomerno postajo.

Uporabljen model, na podlagi katerega smo določili faktor, bi veljal za homogena območja (hidrogeologija, pokrovnost, padavine, temperatura...). Ker je takih območij razmeroma malo, je pričakovati, da vsi hidrološki parametri ne bodo izkazovali dejanskega stanja v prerezu vzorčnega mesta.

V tej študiji določeni hidrološki parametri na posamezni lokaciji VM predstavljajo »naravne« vrednosti, tj. vrednosti brez lokalnega vpliva odvzemov vode. Te »naravne« vrednosti so lahko obremenjene s spremenjenim režimom odtoka na vodotokih, ki imajo objekte na svojem prispevnem območju, ki lahko znatno vplivajo na čas in/ali količino odtoka in se ta vpliv posledično odraža na podatkih v prerezi vodomernih postaj.

Poleg navedenega je potrebno poudariti tudi na naravne, še posebno erozijske in prodonosne procese, ki so se tudi v zadnjih letih intenzivno odvijali v alpski regiji in so lahko na posameznih odsekih vodotokov bistveno spremenili razmerje predvsem površinskega pretoka malih voda, tako z vidika lokacije odseka kot tudi z vidika primerjave s preteklostjo.

5.1 Postopek analize

Na podlagi koordinat vzorčnih mest (VM) so bile določene razvodnice do vzorčnih mest (VM). Uporabljene so bile razvodnice ARSO_R, ARSO_HO in skenogrami kart (GURS_TTN5 in GURS_TTN10), s pomočjo katerih so bile določene manjkajoče razvodnice. S pomočjo razvodnic so bile določene velikosti prispevnega območja do VM, zapisano je bilo ime vodotoka in opis lokacije VM.

Podatki o pretokih na lokacijah vodomernih postaj do leta 2013 so bili pridobljeni na spletnih straneh Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO) (ARSO_ARH_M in ARSO_ARH_D – prilogi G in H). Za leto 2014 smo pridobili podatke o pretokih na izbranih vodomernih postajah neposredno od ARSO (ARSO_Q2014).



Izbira vodomernih postaj za izračun faktorjev za posamezno VM je bila izvedena na podlagi strokovne presoje. Pri tej presoji so bile upoštevane sledeče lastnosti:

- bližina lokacije v.p. glede na lokacijo VM (lokacija v.p. na istem vodotoku, na istem ali sosednjem porečju...),
- obdobje delovanja in dolžina niza razpoložljivih podatkov,
- velikost prispevnega območja,
- usmerjenost porečja glede na stran neba,
- povprečna nadmorska višina prispevnega območja,
- hidrogeologija, pokrovnost,
- obremenjenost zaradi rabe voda tj. vpliva na hidrološki režim
- primerjava specifičnega srednjega letnega odtoka med posameznimi v.p.

Osnovni uporabljen podatek je srednji dnevni pretok (ARSO_ARH_D) in konične vrednosti malih in velikih pretokov (ARSO_ARH_M in ARSO_Q2014). Izračun dnevnih podatkov za VM je bil opravljen na podlagi razmerja velikosti prispevnih površin in razmerja srednjih letnih specifičnih odtokov. Na vodotokih, kjer so bile izvedene simultane hidrološke meritve (HM), so bili uporabljeni tudi podatki razmerja specifičnih odtokov HM med vzorčnim mestom ter vodomerno postajo. Za nekaj v.p. je bilo pri nekaj letih, ko ni bilo na voljo pretokov, bili pa so na voljo vodostaji, izvedene konzumpcijske krivulje H/Q na podlagi predhodnega ali naslednjega leta. Na podlagi teh krivulj pa iz vodostajev izračunani pretoki. Tako izračunanih podatkov je manj kot 0,5 %. Na Lamprehtovem potoku, desnem pritoku Radoljne od konca leta 1988 obratuje MHE 943, ki odvaja vodo v reko Dravo. Vodomerna postaja Ruta na Radoljni zato v času obratovanja MHE beleži manj vode kot bi jo, če omenjena MHE 943 ne bi delovala. Podatki v.p. so bili korigirani.

Rezultat je podan za posamezno lokacijo oz. VM v obliki hidroloških parametrov kot npr. karakteristični pretoki za male vode, srednje vode, velike vode, hidrogram, krivulja trajanja in pogostost nastopa pretoka, večdnevni mali pretoki, za različna obdobja, suho in mokro leto, ter leto, v katerem je bilo izvedeno vzorčenje. Hidrološki parametri predstavljajo »naravne« vrednosti, tj. vrednosti brez lokalnega vpliva odvzemov vode. Te »naravne« vrednosti so lahko obremenjene s spremenjenim režimom odtoka na vodotokih, ki imajo objekte na svojem prispevnem območju, ki lahko znatno vplivajo na čas in/ali količino odtoka in se ta vpliv posledično odraža na podatkih v prerezi vodomernih postaj.

Preglednica . Uporabljene okrajšave in pojmi, ter njihov pomen

okrajšava	opis
OZN	oznaka
VM	vzorčno mesto (oz. meritev)
OZN VM	oznaka vzorčnega mesta (oz. meritve)
št.VM	številka vzorčnega mesta (oz. meritve)
HM	hidrometrična meritev
SHM	simultana hidrometrična meritev
v.p.	vodomerna postaja



okrajšava	opis
šif. v.p.	šifra vodomerne postaje
ime v.p.	ime vodomerne postaje
vodotok	ime vodotoka
F	velikost prispevnega območja gorvodno od obravnavanega prereza v km ²
MHE	mala hidroelektrarna (nazivna inštalirana električna moč do 10MW)
GKy	abscisa (Gauß-Krüger-jev koordinatni sistem)
GKx	ordinata (Gauß-Krüger-jev koordinatni sistem)
nQnp	najmanjši mali pretok v obdobju - dnevno povprečje (m3/s)
nQnk	najmanjši mali pretok v obdobju - konica (m3/s)
sQnk	srednji mali pretok v obdobju - konica (m3/s)
sQnp	srednji mali pretok v obdobju - dnevno povprečje (m3/s)
sQs	srednji dnevni pretok v obdobju (m3/s)
vQvp	največji veliki pretok v obdobju - dnevno povprečje (m3/s)
vQvk	največji veliki pretok v obdobju - konica (m3/s)
sQvk	srednji veliki pretok v obdobju - konica (m3/s)
Qnp	mali pretok - dnevno povprečje (m3/s)
Qnk	mali pretok - konica (m3/s)
Qs	srednji dnevni pretok (m3/s)
Qvp	veliki pretok - dnevno povprečje (m3/s)
Qvk	veliki pretok - konica (m3/s)
S	standardna deviacija
Cv	koeficient variacije
Cs	koeficient asimetrije
Pov.d.	Povratna doba (v letih)
trajanje	pretok je večji ali enak x% časa v letu
Q0 (0,3%)	najvišji srednji dnevni pretok (vsi pretoki v letu so manjši ali enaki)
Q1 (8,3%)	1 mesec je srednji dnevni pretok v letu/obdobju večji ali enak
Q2 (16,7%)	2 meseca je srednji dnevni pretok v letu/obdobju večji ali enak
Q3 (25,0%)	3 mesece je srednji dnevni pretok v letu/obdobju večji ali enak
Q4 (33,3%)	4 mesece je srednji dnevni pretok v letu/obdobju večji ali enak
Q5 (41,7%)	5 mesecev je srednji dnevni pretok v letu/obdobju večji ali enak
Q6 (50,0%)	6 mesecev je srednji dnevni pretok v letu/obdobju večji ali enak
Q7 (58,3%)	7 mesecev je srednji dnevni pretok v letu/obdobju večji ali enak
Q8 (66,7%)	8 mesecev je srednji dnevni pretok v letu/obdobju večji ali enak
Q9 (75,0%)	9 mesecev je srednji dnevni pretok v letu/obdobju večji ali enak
Q10 (83,3%)	10 mesecev je srednji dnevni pretok v letu/obdobju večji ali enak
Q11 (91,7%)	11 mesecev je srednji dnevni pretok v letu/obdobju večji ali enak
Q12 (100,0%)	najnižji srednji dnevni pretok (vsi pretoki v letu/obdobju so večji ali enaki)
Q98%	srednji dnevni pretok je večji ali enak 98% časa v letu (oz. obdobju)
Q95%	srednji dnevni pretok je večji ali enak 95% časa v letu (oz. obdobju)
Q90%	srednji dnevni pretok je večji ali enak 90% časa v letu (oz. obdobju)



okrajšava	opis
Q85%	srednji dnevni pretok je večji ali enak 85% časa v letu (oz. obdobju)
Q80%	srednji dnevni pretok je večji ali enak 80% časa v letu (oz. obdobju)
Q75%	srednji dnevni pretok je večji ali enak 75% časa v letu (oz. obdobju)
Q70%	srednji dnevni pretok je večji ali enak 70% časa v letu (oz. obdobju)
Q65%	srednji dnevni pretok je večji ali enak 65% časa v letu (oz. obdobju)
Q60%	srednji dnevni pretok je večji ali enak 60% časa v letu (oz. obdobju)
Q55%	srednji dnevni pretok je večji ali enak 55% časa v letu (oz. obdobju)
Qnp0	0% malih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m3/s)
Qnp05	5% malih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m3/s)
Qnp10	10% malih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m3/s)
Qnp25	25% malih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m3/s)
Qnp50	50% malih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m3/s)
Qnp75	75% malih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m3/s)
Qnp90	90% malih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m3/s)
Qnp95	95% malih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m3/s)
Qnp100	100% malih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m3/s)
Qs0	0% srednjih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m3/s)
Qs05	5% srednjih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m3/s)
Qs10	10% srednjih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m3/s)
Qs25	25% srednjih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m3/s)
Qs50	50% srednjih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m3/s)
Qs75	75% srednjih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m3/s)
Qs90	90% srednjih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m3/s)
Qs95	95% srednjih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m3/s)
Qs100	100% srednjih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m3/s)

5.2 Izbrani odseki vodotokov

Za območje hidroekoregije Alpe smo na podlagi modela za izbrano vodomerno postajo in simultanimi hidrometričnimi meritvami določili v izbranih hidroloških prerezihi hidrološke parametre.

Izbranih je bilo deset VM z velikostjo prispevnega območja med 9 in 41 km² (Preglednica 9). Za določitev hidroloških parametrov na VM smo uporabili različne kombinacije vodomernih postaj (Preglednica).



Preglednica . Lokacije izbranih vzorčnih mest. VM – vzorčno mesto, MHE – mala hidroelektrarna, F – velikost prispevnega območja.

VM	Koordinata (GKy)	Koordinata (GKx)	vodotok	opis lokacije	F (km ²)
VM01	414995	128004	Mostnica	pod odvzemom	40,60
VM02	414505	128842	Mostnica	nad odvzemom (referenčni odsek)	39,60
VM03	411086	116220	Kneža	pod odvzemom	28,75
VM04	410224	114760	Kneža	pod odvzemom in pritoku	33,75
VM05	425419	111768	Cerknica	pod sotočjem s Cerenčico	9,24
VM06	422911	110348	Cerknica	nad sotočjem z Zapoško	19,89
VM07	534336	140459	Oplotnica	pod odvzemom in pred odvzemom	24,38
VM08	533597	142180	Oplotnica	pod odvzemom	18,81
VM09	504986	146113	Suhodolnica	pod odvzemom MHE	19,41
VM10	503017	146529	Suhodolnica	pod vrnitvijo in pred odvzemom MHE	14,20

Preglednica . Vodomerne postaje in faktorji uporabljeni za določitev hidroloških parametrov na vzorčnih mestih (VM)

OZN VM	VM01	VM02	VM03	VM04	VM05	VM06	VM07	VM08	VM09	VM10
šif. v.p.	3300	3300	8500	8500	8460	8460	2670	2670	2418	2418
vodotok	Mostnica	Mostnica	Bača	Bača	Cerknica	Cerknica	Oplotnica	Oplotnica	Suhodolnica	Suhodolnica
ime v.p.	Stara Fužina II	Stara Fužina II	Bača pri Modreju	Bača pri Modreju	Cerkno	Cerkno	Draža vas	Draža vas	Stari Trg	Stari Trg
F (km ²)	74,26	74,26	143,06	143,06	43,26	43,26	85,81	85,81	56,92	56,92
faktor	0,6014	0,5866	0,2741	0,3218	0,2044	0,4400	0,2841	0,2192	0,4460	0,333
šif. v.p.	3290	3290	8520	8520	8457	8457	2620	2620	2420	2420
vodotok	Mostnica	Mostnica	Kneža	Kneža	Cerknica	Cerknica	Dravinja	Dravinja	Suhodolnica	Suhodolnica
ime v.p.	Stara Fužina	Stara Fužina	Kneža	Kneža	Cerkno I	Cerkno I	Loče	Loče	Stari Trg I	Stari Trg I
F (km ²)	74,26	74,26	35,47	35,47	42,26	42,26	175,67	175,67	59,45	59,45
faktor	0,5959	0,5813	0,8105	0,9515	0,2092	0,4504	0,1559	0,1203	0,4271	0,3189
šif. v.p.	3260	3260			8455	8455	2660	2660		
vodotok	Savica	Savica			Cerknica	Cerknica	Oplotnica	Oplotnica		
ime v.p.	Ukanc	Ukanc			Cerkno II	Cerkno II	Hudi Vrh	Hudi Vrh		
F (km ²)	66,76	66,76			40,55	40,55	9,75	9,75		
faktor	0,4014	0,3915			0,2181	0,4694	1,2713	0,9808		
šif. v.p.					8454	8454	2600	2600		
vodotok					Cerknica	Cerknica	Dravinja	Dravinja		
ime v.p.					Cerkno III	Cerkno III	Zreče	Zreče		
F (km ²)					40,18	40,18	42,75	42,75		
faktor					0,2201	0,4737	0,5720	0,4413		



Preglednica . Lokacije (koordinate GK_y in GK_x) in nekateri hidrološki parametri uporabljenih vodomernih postaj (v.p.) za določitev hidroloških parametrov na vzorčnih mestih (VM). Za pojasnila kod hidroloških parametrov glej preglednico 9. F – velikost prispevnega območja.

šifra v.p.	Vodotok	Ime v.p.	F (km ²)	GK _y	GK _x	obdobje leto/m leto/m		nQnk (m ³ /s)	nQnp (m ³ /s)	sQs (m ³ /s)	vQvp (m ³ /s)	vQvk (m ³ /s)
2418	Suhodolnica	Stari Trg	56,92	505600	150440	1969/1	1980/12	0,200	0,200	1,433	33,2	48,7
2420	Suhodolnica	Stari Trg I	59,45	505936	151154	1989/1	2013/12	0,152	0,152	1,232	69,6	92,5
2600	Dravinja	Zreče	42,75	529858	137381	1973/1	2013/12	0,069	0,078	0,816	21,0	31,8
2620	Dravinja	Loče	175,67	538400	128725	1955/1	2013/12	0,290	0,290	2,987	59,2	78,4
2660	Oplotnica	Hudi Vrh	9,75	529550	146480	1953/1	1974/12	0,040	0,040	0,397	5,4	8,0
2670	Oplotnica	Dražva vas	85,81	538330	131410	1973/1	2008/12	1,840	1,940	4,788	13,5	21,4
3260	Savica	Ukanc	66,76	410175	126981	1954/1	2013/12	0,000	0,000	5,097	138,0	155,0
3290	Mostnica	Stara Fužina	74,26	414795	127145	1951/1	1958/12	0,340	0,340	3,48	62,6	78,7
3300	Mostnica	Stara Fužina II	74,26	414773	127124	1959/1	2006/12	0,139	0,139	3,241	115,0	157,0
8454	Cerknica	Cerkno III	40,18	421450	109085	2006/1	2013/12	0,158	0,177	1,492	21,9	74,0
8455	Cerknica	Cerkno II	40,55	421125	108830	1992/1	2005/12	0,076	0,091	1,603	41,3	58,2
8457	Cerknica	Cerkno I	42,26	420510	108620	1981/1	1989/12	0,314	0,314	1,533	21,5	25,5
8460	Cerknica	Cerkno	43,26	420040	108150	1957/1	1981/12	0,187	0,187	2,007	40,7	65,9
8500	Bača	Bača pri Modreju	143,06	405797	113112	1940/1	2013/12	0,379	0,379	6,938	154,0	243,0
8520	Kneža	Kneža	35,47	409810	113760	1953/1	1966/12	0,100	0,100	2,491	31,6	38,8

5.2.1 Hidrometrične meritve

Podatki pridobljeni s simultanimi hidrometričnimi meritvami so podani v prilogah B-D

5.2.1.1 Simultana hidrometrična meritev za VM01 in VM02 na Mostnici

Dne 20.02.2015 je bila izvedena simultana hidrometrična meritev za vzorčni mesti VM01 in VM02. Simultana hidrometrična meritev (HM) je bila izvedena s hidrometričnimi krili v prerezu vodotokov, ki omogočajo hidravlično korektne meritve in na podlagi katerih je možno oceniti specifični odtok posameznih delov porečij. S tem je možno oceniti homogenost porečja (oziroma soodvisnost med posameznimi deli porečja) in oceniti večjo ali manjšo primernost izračunanih faktorjev pri uporabljeni vodomerni postaji, za določitev pretokov na nemerjenih lokacijah.

Hidrometrične meritve so bile izvedene in iz vrednotene na Mostnici, mlinščici Mostnice, Savici in Bistrici. Lokacije so prikazane na Slika in Slika , fotografije pa na Slika do Slika .



Slika . Mostnica, hidrometrična meritev na odseku VM02



Slika . Mostnica, hidrometrična meritev na odseku VM01 in hidrometrična meritev na mlinščici Mostnice



Slika . Mostnica, hidrometrična meritev na vodomerni postaji Stara Fužina II



Slika . Mostnica, hidrometrična meritev na vodomerni postaji Ukanc



Slika . Bistrica, hidrometrična meritev pod vodomerno postajo Bistrica

Preglednica . Opis lokacije in rezultatov simultane hidrometrične meritve (HM) dne 20.2.2015. v.p. – vodomerna postaja, F – velikost prispevnega območja, MHE – mala hidroelektrarna

Lokacija meritve		OZN	Prerez	Vodotok	F	HM 20.2.2015	
GKy	GKx					km ²	m ³ /s
414505	128842	VM02	nad odvzemom za MHE	Mostnica	39,6	0,373	9,4
414995	128004	VM01	pod odvzemom za MHE	Mostnica	40,6	0,222**	5,5
		B1	Mlinščica (Mostnice)	Mlinščica	-	0,134	-
415170	127740	C	v.p. Stara Fužina I	Mostnica	41,1	0,356*	8,7
414790	127140	D	v.p. Stara Fužina II	Mostnica	74,3	0,639	8,6
409940	127030	E	v.p. Ukanc	Savica	66,8	0,247	3,7
419430	126030	F	v.p. Bohinjska Bistrica	Bistrica	13,5	0,319	23,6

*...izračunana vrednost (seštevek VM01+VM=1a)

**...dejanski pretok po odvzemu za MHE

...vsa obravnavana prispevna območja sestavljajo tudi kraška območja, dejanska velikost prispevnega območja krasi ni natančno določena zato upoštevana prispevna območja lahko odstopajo od dejanskih

Izračun pretoka HM je prikazan v prilogi D

Pri izračunu pretočnih karakteristik za vzorčno mesto VM01 in VM02 so bile privzete sledeče predpostavke:

- prispevno območje je na obravnavanem odseku Mostnice (VM01 in VM02) homogeno v smislu specifičnega odtoka malih in srednjih pretokov.
- prispevno območje je na odseku Mostnice, kjer so (bile) locirane vodomerne postaje, homogeno v smislu specifičnega odtoka malih in srednjih pretokov.

Zgornje predpostavke lahko opravičimo z rezultati izvedene SHM tj. primerjavo specifičnih odtokov med prerezi VM01 in VM02, ter C in D. Od ostalih dveh razpoložljivih vodomernih postaj smo za določitev faktorjev izbrali Ukanc, ki je po našem mnenju bolj primerna od Bohinjske Bistrice.



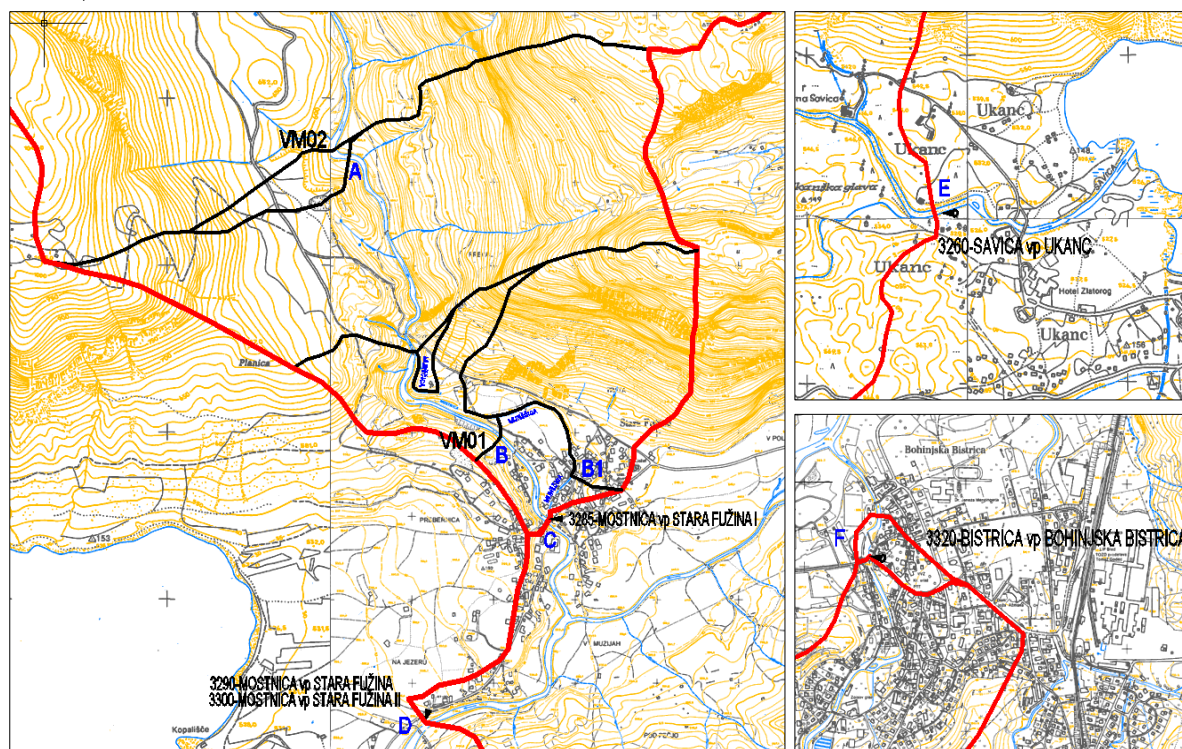
Za določitev pretokov na vzorčnih mestih je bila za korelacijo v obdobju 1953-1958 uporabljena vodomerna postaja Mostnica Stara Fužina, v obdobju 1959-2006 vodomerna postaja Mostnica Stara Fužina II, v obdobju 2007-2014 pa vodomerna postaja Savica Ukanc.

Hidrometrične meritve na Bistrici ni bilo možno upoštevati zaradi premalo znanih pretočnih karakteristik, tudi zaradi delovanja MHE, ki ima akumulacijske sposobnosti.

Za določitev pretokov na vzorčnih mestih so bili uporabljeni faktorji, določeni na podlagi razmerja prispevnih površin vzorčnega mesta in vodomerne postaje in razmerja specifičnih odtokov simultane HM med vzorčnim mestom ter vodomerno postajo (Mostnica v.p. Stara Fužina in Mostnica v.p. Stara Fužina II, $FVM/Fvp * qVM/qvp$), faktor Savica v.p. Ukanc pa je bil korigiran tudi s koeficientom srednjega letnega specifičnega odtoka med v.p. Savica in v.p. Stara Fužina ($FVM/Fvp * qVM/qvp * sqvp1/sqvp2$).

Preglednica . Faktorji za določitev pretokov Mostnice na lokaciji VM01 in VM02. v.p. – vodomerna postaja, F – velikost prispevenga območja, MHE – mala hidroelektrarna

VM	Prerez	Vodotok	F	v.p. Stara Fužina I	v.p. Stara Fužina II	v.p. Savica
			km ²	74,26	74,26	66,76
VM02	nad odvzemom za MHE	Mostnica	39,6	0,5866	0,5813	0,3915
VM01	pod odvzemom za MHE	Mostnica	40,6	0,6014*	0,5959*	0,4014*
*...koeficienti za izračunano vrednost »naravnega pretoka« - brez upoštevanja odvzema						



Slika . Lokacije simultanih hidrometričnih meritev na vzorčnih mestih (VM01 in VM02) in vodomernih postajah.

5.2.1.2 Simultana hidrometrična meritev za VM09 in VM10 na Suhodolnici

Dne 12.03.2015 je bila izvedena simultana hidrometrična meritev za vzorčni mesti VM09 in VM10.

Simultana hidrometrična meritev (SHM) je bila izvedena s hidrometričnimi krili v prerezu vodotokov, ki omogočajo hidravlično korektne meritve in na podlagi katerih je možno oceniti specifični odtok posameznih delov porečij. S tem je možno oceniti homogenost porečja in oceniti večjo ali manjšo primernost izračunanih faktorjev pri uporabljeni vodomerni postaji, za določitev pretokov na nemerjenih lokacijah.

Hidrometrične meritve so bile izvedene in iz vrednotene na Suhodolnici in mlinščici Suhadolnice.

Lokacije so prikazane na Slika in Slika , fotografije pa na Slika do Slika .



Slika . Suhodolnica, hidrometrična meritev na odseku VM10



Slika . Suhodolnica, hidrometrična meritev na odseku VM09 (pod odvzemom za MHE in na mlinščici Suhadolnice)



Slika . Suhodolnica, hidrometrična meritev na odseku vodomerne postaje Podgorje



Slika . Suhodolnica, hidrometrična meritev na odseku vodomerne postaje Stari Trg I



Preglednica . Opis lokacije in rezultatov simultane hidrometrične meritve (HM) dne 12.3.2015. v.p. – vodomerna postaja, F – velikost prispevnega območja, MHE – mala hidroelektrarna

lokacija meritve		OZN	Prerez	Vodotok	F	HM 12.3.2015	
GKy	GKx				km ²	m ³ /s	l/s/km ²
503017	146529	VM10	pod vrnitvijo in pred odvzemom za MHE	Suhodolnica	14,20	0,264	18,6
504986	146113	VM09	pod odvzemom za MHE	Suhodolnica	19,41	0,354*	18,2
507065	148243	A	v.p. Podgorje	Suhodolnica	43,65	0,597	13,7
505929	151129	B	v.p. Stari Trg I	Suhodolnica	59,45	0,829	13,9
504794	146051	09b	Mlinščica Suhodolnice	Mlinščica	-	0,232	-
504798	146054	09a	Suhodolnica meritev pod odvzemom za mlinščico	Suhodolnica	19,35	0,122**	6,3
*...izračunana vrednost »naravnega pretoka« (seštevek 09a+09b)							
**...dejanski pretok po odvzemu za MHE							

Izračun pretoka hidrometrična meritev je prikazan v prilogi E

Pri izračunu pretočnih karakteristik za vzorčno mesto VM09 in VM10 so bile privzete sledeče predpostavke:

- prispevno območje je na obravnavanem odseku Suhadolnice (VM09 in VM10) homogeno v smislu specifičnega odtoka malih in srednjih pretokov.
- prispevno območje je na odseku Suhadolnice kjer so (bile) locirane vodomerne postaje homogeno v smislu specifičnega odtoka malih in srednjih pretokov.

Zgornje predpostavke lahko opravičimo z rezultati izvedene simultane HM tj. primerjavo specifičnih odtokov med prerezi VM10 in VM09, ter A in B.

Za določitev pretokov na vzorčnih mestih je bila v obdobju 1969-1980 uporabljena vodomerna postaja Suhodolnica Stari Trg v obdobju 1981-2014 pa vodomerna postaja Suhodolnica Stari Trg I.

Na vodomerni postaji Suhodolnica Stari Trg I so bili za obdobje delovanja 1981-1988 na voljo podatki vodostajev, 1989-2014 pa tudi pretokov. Za obdobje delovanja 1981-1988 je bilo za pretvorbo iz vodostajev v pretok uporabljeno Q/H razmerje dobljeno na podlagi dnevnih vrednosti Q/H v letu 1989 (uporabljen je bil polinom 3 stopnje).

Za določitev pretokov na vzorčnih mestih so bili uporabljeni faktorji določeni na podlagi razmerja prispevnih površin vzorčnega mesta in vodomerne postaje in razmerja specifičnih odtokov simultane HM med vzorčnim mestom ter vodomerno postajo ($FVM/Fvp \cdot qVM/qvp$; qVM/qvp).



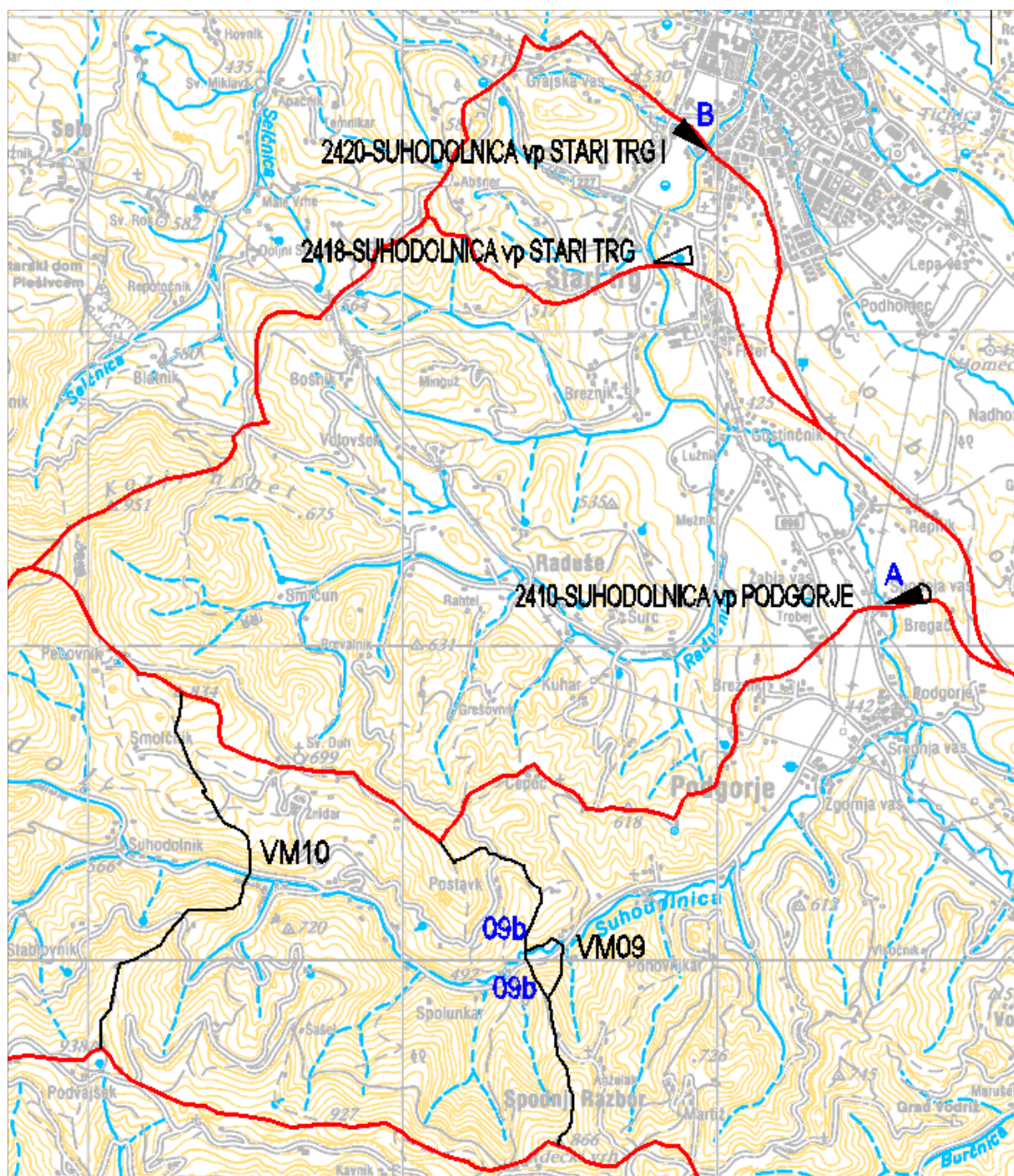
Preglednica . Faktorji za določitev pretokov Suhadolnice na lokaciji VM10 in VM09. v.p. – vodomerna postaja, F – velikost prispevenga območja, MHE – mala hidroelektrarna.

VM	Prerez	Vodotok	F	v.p. Stari Trg	v.p. Stari Trg I
			km ²	56,92	59,45
VM10	pod vrnitvijo in pred odvzemom za MHE	Suhodolnica	14,20	0,3330	0,3189
VM09	pod odvzemom za MHE	Suhodolnica	19,41	0,4460*	0,4271*

**...koeficienti za izračunano vrednost »naravnega pretoka« - brez upoštevanja odvzema*



Slika . Lokacije in prispevna območja do vodomernih postaj



Slika . Lokacije simultanih hidrometričnih meritev, vzorčnih mest (VM09 in VM10) in vodomernih postaj.

5.2.1.3 Simultana hidrometrična meritev za VM05 in VM06 na Cerknici

Dne 19.03.2015 je bila izvedena simultana hidrometrična meritev za vzorčni mesti VM05 in VM06.



Simultana hidrometrična meritev (HM) je bila izvedena s hidrometričnimi krili v prerezu vodotokov, ki omogočajo hidravlično korektne meritve in na podlagi katerih je možno oceniti specifični odtok posameznih delov porečij. S tem je možno oceniti homogenost porečja in oceniti večjo ali manjšo primernost izračunanih faktorjev pri uporabljeni vodomerni postaji, za določitev pretokov na nemerjenih lokacijah.

Hidrometrične meritve so bile izvedene in iz vrednotene na Cerknici, Črni in Cernici.

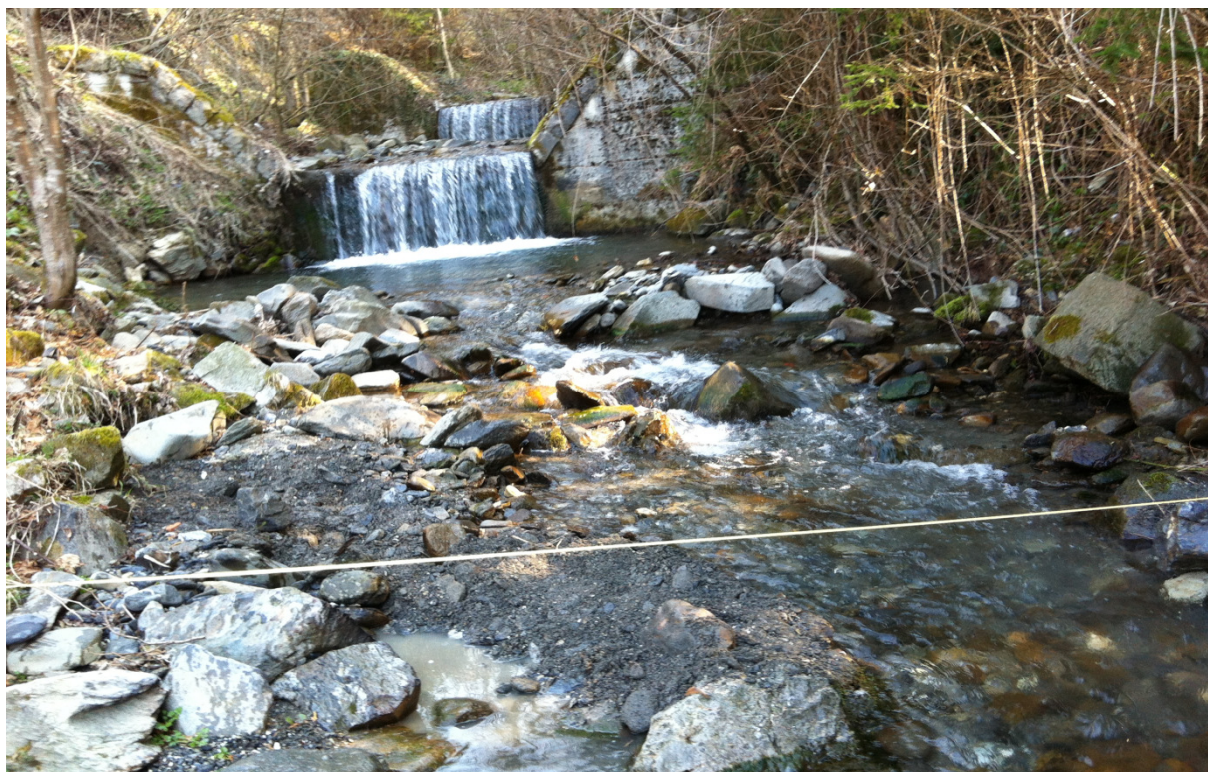
Lokacije so prikazane na Slika in Slika , fotografije pa na Slika do Slika .



Slika . Cerknica, hidrometrična meritev na odseku VM05 (pod Cernico)



Slika . Cerknica, hidrometrična meritev na odseku VM06



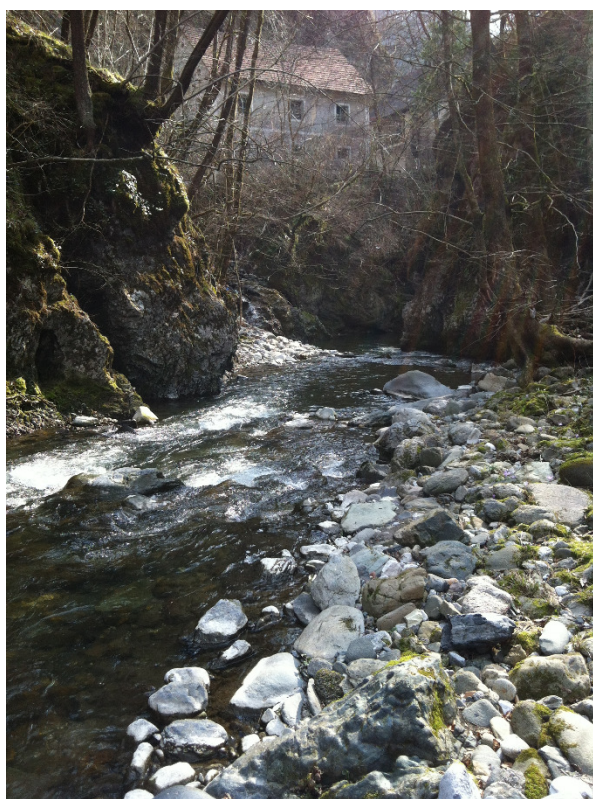
Slika . Črna, hidrometrična meritev nad zajemom za malo hidroelektrarno (A1)



Slika . Cernica, hidrometrična meritev nad sotočjem s Črno (A2)



Slika . Cerknica, hidrometrična meritev na odseku vodomerne postaje Cerkno III



Slika . Cerknica, hidrometrična meritev na odseku vodomerne postaje Cerkno



Preglednica . Opis lokacije in rezultatov simultane hidrometrične meritve 19.3.2015.

Lokacija meritve		OZN	Prerez	Vodotok	F	HM 19.3.2015		
GKy	GKx				km ²	m ³ /s	l/s/km ²	
425782	111772	VM05	pod sotočjem z Cernico	Cerknica	9,2	0,010	1,0	**
422904	110332	VM06	nad sotočjem z Zapoško	Cerknica	19,9	0,309	15,5	
		za5	Crna (3,58) + Cernica (5,08)	Cerknica	8,66	0,134	15,5	*
425873	112270	A1	nad zajemom MHE	Crna	3,43	0,072	21,0	
426017	111769	A2	nad sotočjem s Crno	Cernica	5,08	0,065	12,9	
421386	109019	D	v.p. Cerkno III	Cerknica	40,22	0,652	16,2	
420044	108139	E	v.p. Cerkno	Cerknica	43,26	0,660	15,3	
...izračunana vrednost »naravnega pretoka« (seštevek A2+A1 faktor površine)								
**...dejanski pretok po odvzemu za MHE								

Izračun pretoka HM je prikazan v prilogi F.

Pri izračunu pretočnih karakteristik za vzorčno mesto VM05 in VM06 so bile privzete sledeče predpostavke:

- prispevno območje je na obravnavanem odseku Cerknice (VM05 in VM06) homogeno v smislu specifičnega odtoka malih in srednjih pretokov.
- prispevno območje je na odseku Cerknice kjer so (bile) locirane vodomerne postaje homogeno v smislu specifičnega odtoka malih in srednjih pretokov.

Zgornje predpostavke lahko opravičimo z rezultati izvedene simultane HM tj. primerjavo specifičnih odtokov med prerezi VM06 in VM05, ter D. HM meritev v prerezu E je imela nekoliko manj ugoden hidravlični prerez zato smatramo, da je meritev v prerezu D nekoliko bolj natančna.

Za določitev pretokov na vzorčnih mestih je bila v obdobju 1957-1981 uporabljena vodomerna postaja Cerkno, v obdobju 1982-1989 v.p. Cerkno I, v obdobju 1992-2005 Cerkno II in v obdobju 2006-2014 Cerkno III.

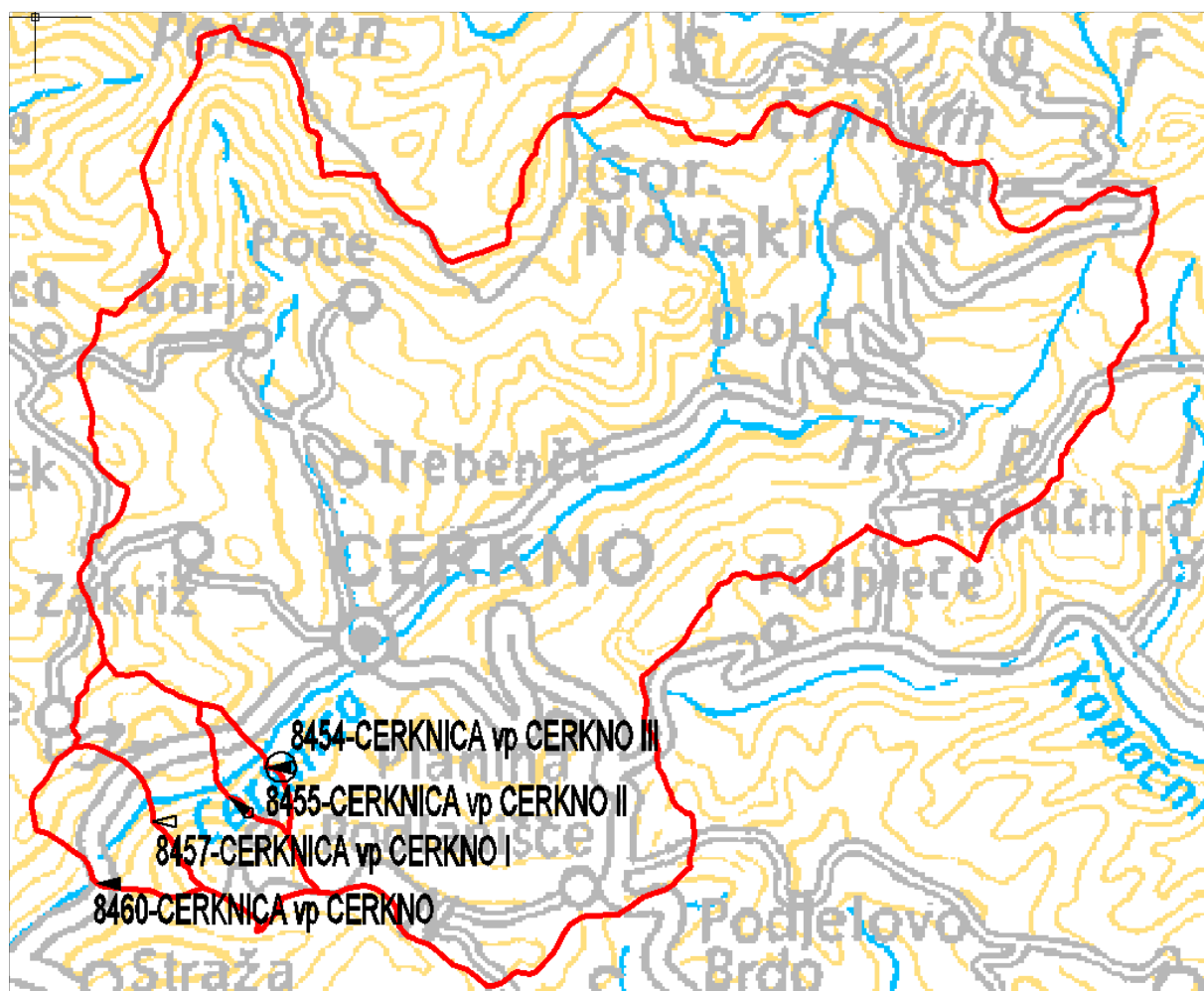
Za določitev pretokov na vzorčnih mestih so bili uporabljeni faktorji določeni na podlagi razmerja prispevnih površin vzorčnega mesta in vodomerne postaje in razmerja specifičnih odtokov SHM med odsekoma vzorčnih mest ter vodomernih postaj ($F_{VM}/F_{vp} * q_{VM}/q_{vp}$; $q_{VM}/q_{vp}=0,957$).



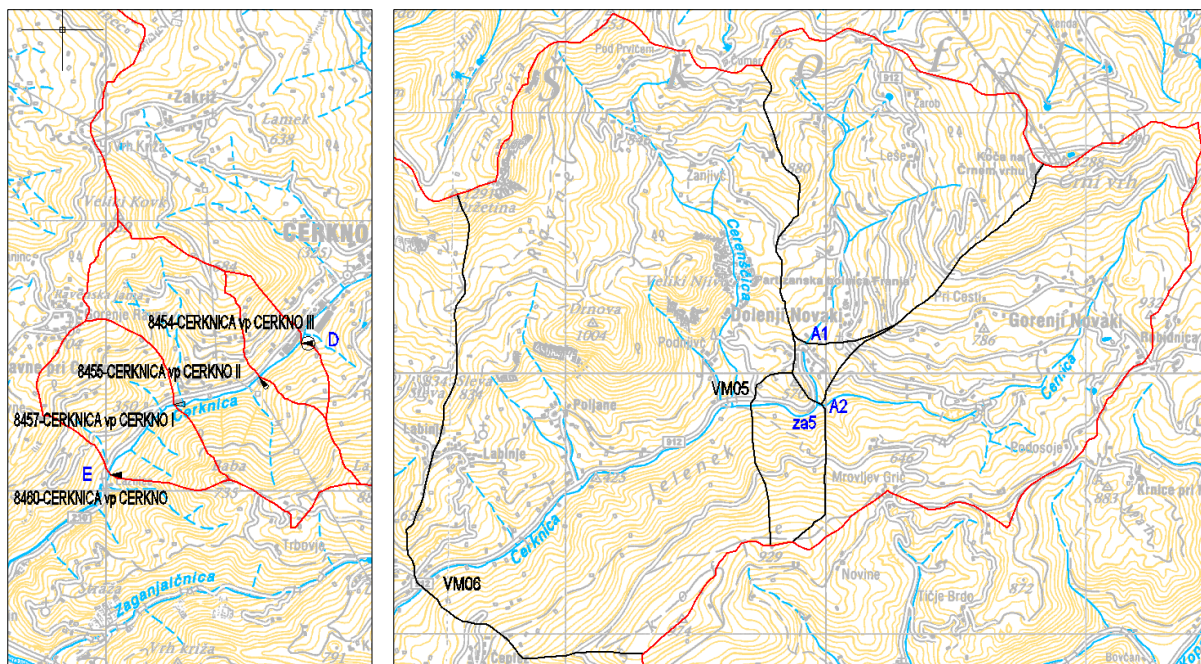
Preglednica . Faktorji za določitev pretokov Cerknice na lokaciji VM05 in VM06. v.p. – vodomerna postaja, F – velikost prispevnega območja.

VM	prerez	Vodotok	F	v.p. Cerkno	v.p. Cerkno I	v.p. Cerkno II	v.p. Cerkno III
			km ²	43,26	42,26	40,55	40,18
VM05	pod sotočjem z Cerenčico	Cerknica	9,2	0,2044*	0,2092*	0,2181*	0,2201*
VM06	nad sotočjem z Zapoško	Cerknica	19,9	0,4400	0,4504	0,4694	0,4737

**...izračunana vrednost »naravnega pretoka« - brez upoštevanja odvzema*



Slika . Lokacije in prispevna območja do vodomernih postaj



Slika . Lokacije simultanih hidrometričnih meritev, vzorčnih mest (VM05 in VM06) in vodomernih postaj.

5.3 Vzorčna mesta iz obdobja 1965-2015

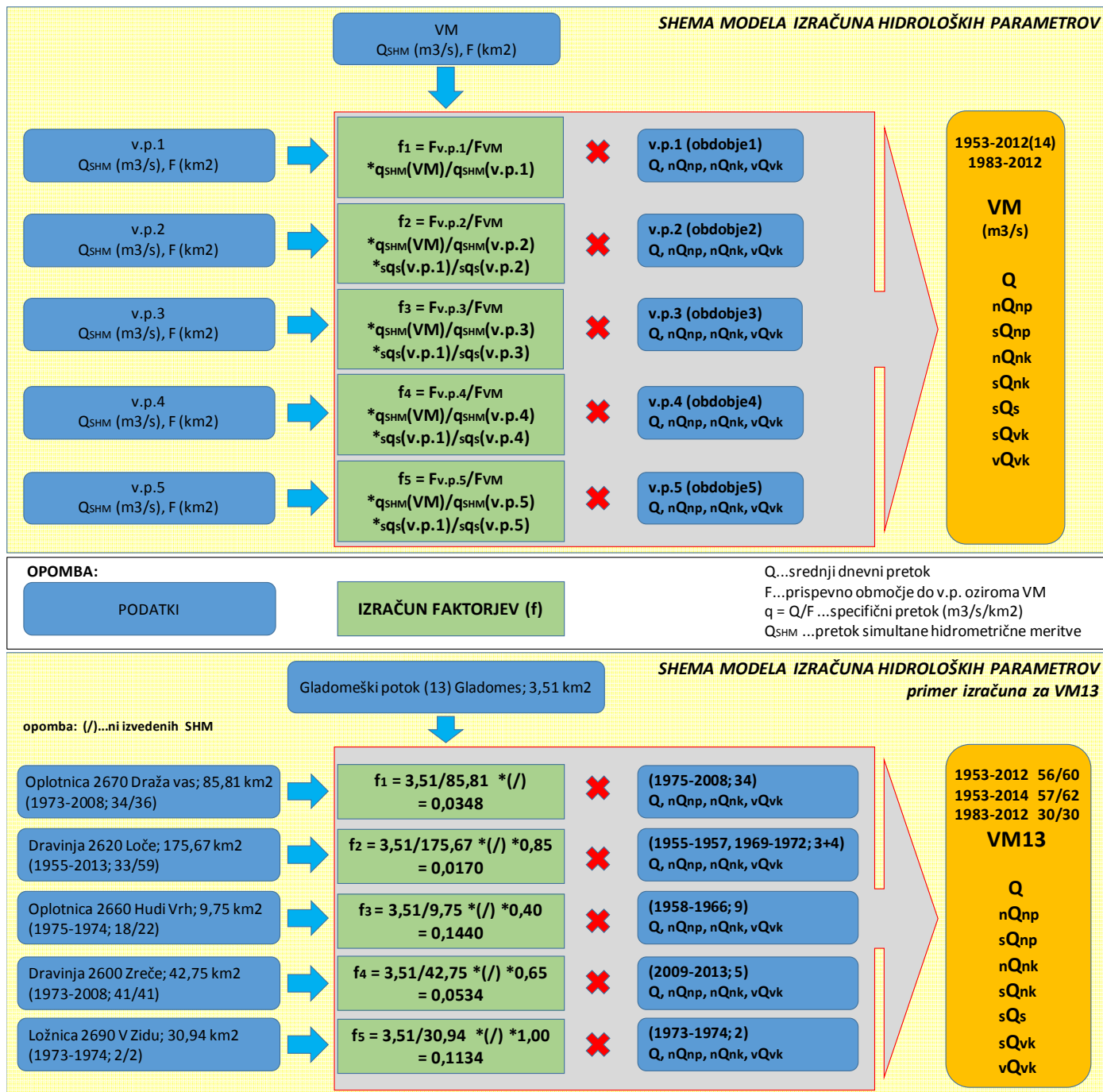
Obravnavali smo 287 vzorčnih mest, na katerih so bili pridobljeni biološki podatki v obdobju 1965-2015. Hidrološke parametre smo določili za 283 vzorčnih mest (VM). Hidrološki parametri za VM so določeni na podlagi podatkov na vodomernih postajah. Faktorji so bili določeni na podlagi razmerja velikosti prispevnih površin in razmerja srednjih letnih specifičnih odtokov. Na vodotokih, kjer so bile izvedene simultane hidrometrične meritve (HM) (oznake: VM01, VM02, VM05, VM06, VM09, VM10), so bili uporabljeni tudi podatki razmerja specifičnih odtokov HM med vzorčnim mestom ter vodomerno postajo. Za 253 VM so bili hidrološki parametri določeni tudi v letu vzorčenja na VM.

V tej študiji določeni hidrološki parametri na posamezni lokaciji VM predstavljajo »naravne« vrednosti, tj. vrednosti brez lokalnega vpliva odvzemov vode. Te »naravne« vrednosti so lahko obremenjene s spremenjenim režimom odtoka na vodotokih, ki imajo objekte na svojem prispevnem območju, ki lahko znatno vplivajo na čas in/ali količino odtoka in se ta vpliv posledično odraža na podatkih v prerezi vodomernih postaj.

Uporabljen model izračuna hidroloških parametrov je korekten za homogena območja t.j. območja s homogenim odtočnim režimom, ki je odvisen od hidrogeoloških karakteristik, pokrovnosti, padavin, temperature... Ker je takih območij razmeroma malo, je pričakovati, da vsi hidrološki parametri ne bodo izkazovali dejanskega stanja v vseh prerezi vzorčnih mest.



Slika predstavlja shemo modela izračuna hidroloških parametrov za VM in primer izračuna za VM13.

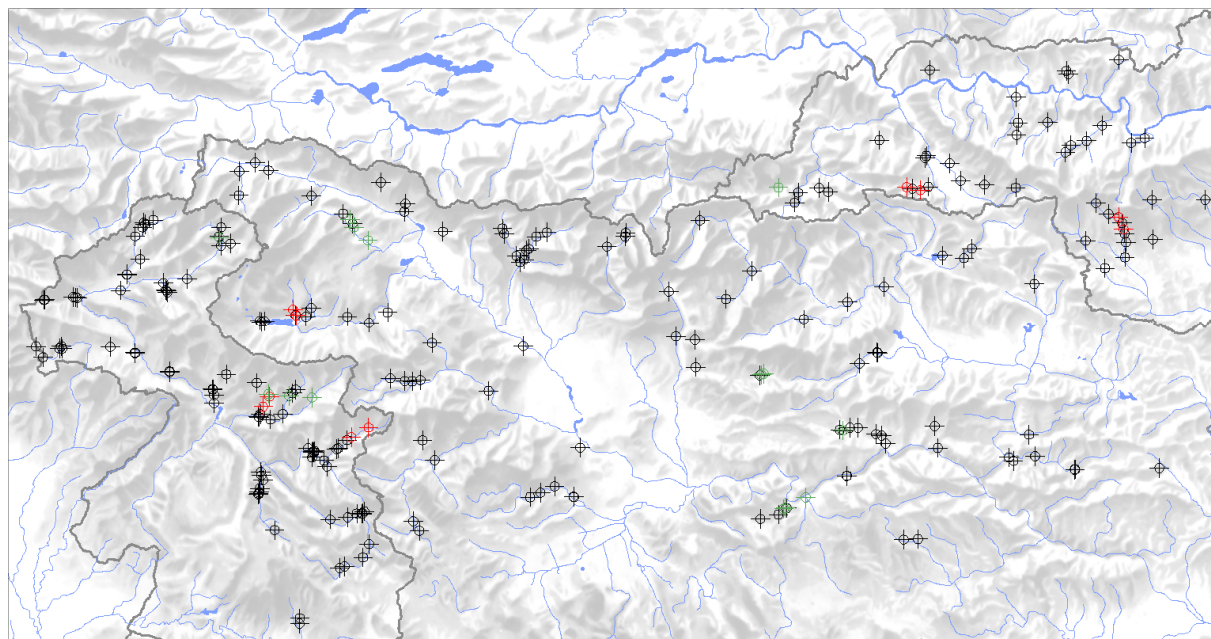


Slika . Shema modela izračuna hidroloških parametrov za VM in primer izračuna za VM13.

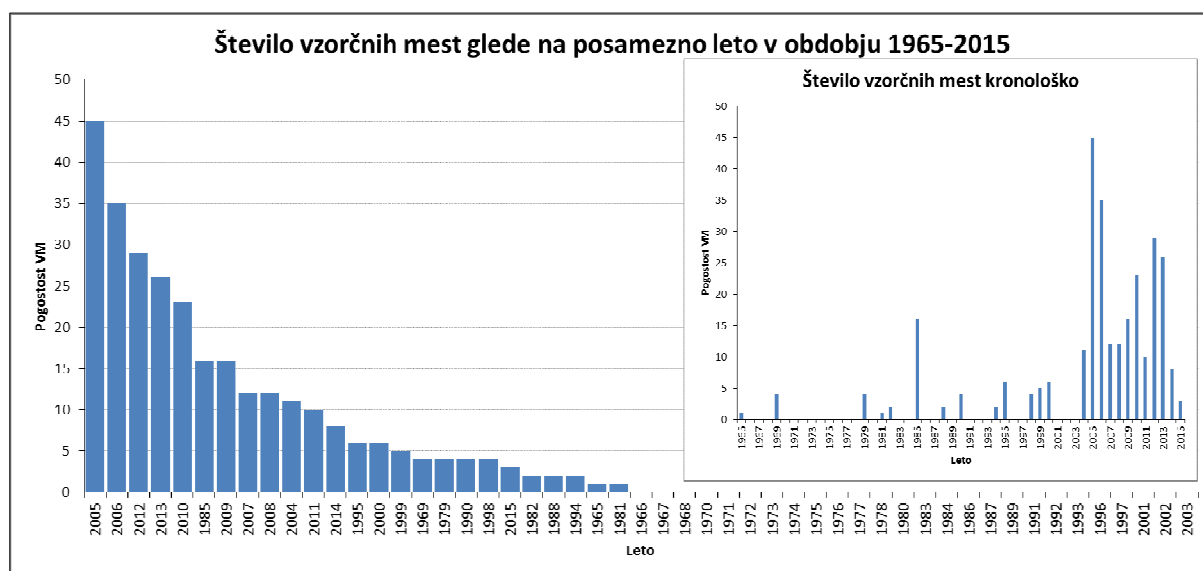


5.3.1 Lokacije obravnavanih vzorčnih mest

Vzorčna mesta so bile dokaj enakomerno razporejena po malih vodotokih hidroekoregije Alpe (Slika). Največ vzorčnih mest je bilo vzorčenih med letoma 2005 in 2013 (Slika).



Slika . Lokacije obravnavanih vzorčnih mest



Slika . Število obravnavanih vzorčnih mest glede na leto vzorčenja



Od 287 obravnavanih vzorčnih mest iz obdobja 1965-2015 smo določili hidrološke parametre za 283 mest (Preglednica). Za 253 VM smo hidrološke parametre določili tudi v letu vzorčenja.

Preglednica . Obravnavana vzorčna mesta (VM) s koordinatami (GKy, GKx) in letom vzorčenja.

št.VM	GKy	GKx	leto	št.VM	GKy	GKx	leto	št.VM	GKy	GKx	leto
1	498869	122503	2007	109	428162	128455	2013	217	447814	136076	1979
2	528865	138812	2008	110	425483	126901	2013	218	447310	135724	1979
3	517780	107457	2008	112	525928	151572	2013	219	448190	137388	1979
4	450204	102392	2008	113	533624	164924	2013	220	410452	127135	1985
5	521452	132567	2007	114	519097	155830	2013	221	409723	127199	1985
6	424610	93064	2008	115	518879	154085	2013	222	409973	127050	1985
7	468704	131463	2006	116	486882	144289	2013	223	425313	138851	1995
8	468704	131463	2008	117	487372	145767	2013	224	422741	141897	1995
9	390570	133950	2006	118	539478	105927	2013	225	423277	140764	1995
10	390570	133950	2006	122	504643	95708	2013	226	425313	138851	1995
11	390570	133950	2007	123	537349	153615	2013	227	423277	140764	1995
12	390570	133950	2008	128	502581	95622	2014	228	422741	141897	1995
13	538526	139018	2009	133	472596	120445	2014	229	518758	146457	2007
14	484538	146484	2007	134	395825	132699	1985	230	508195	136666	1979
15	484538	146484	2009	135	396269	131620	1999	231	406768	148793	2007
16	509252	149988	2008	136	396406	131368	1999	232	430738	144126	2007
17	377426	123421	2008	137	396269	131620	1985	233	416394	127837	2006
18	512442	137677	2008	138	396406	131368	1985	234	417147	129105	2006
19	546108	144725	2009	139	404170	140754	1985	235	421759	142703	2006
20	403880	139270	2006	140	419405	106143	2009	236	409054	150085	2006
21	403880	139270	2006	141	417312	108235	2009	237	430570	143010	2006
22	403880	139270	2007	142	404147	138097	1985	238	490403	146400	2006
23	403880	139270	2008	143	404888	119418	1985	239	476988	130392	2006
24	409955	104865	2008	144	411267	112915	1988	240	473214	141754	2006
25	448519	137662	2008	145	424520	99415	1999	241	444958	139832	2006
26	546108	144725	2010	146	424520	99415	1982	242	449604	139393	2006
27	528865	138812	2010	147	417341	108278	1982	243	462423	139409	2006
28	403880	139270	2010	148	424520	99415	1998	244	459782	137949	2006
29	390570	133950	2010	149	409791	113691	1988	245	431850	98289	2006
30	484538	146484	2011	150	393164	141133	1985	246	432731	96923	2006
31	523347	155876	2011	151	392794	140757	1985	247	496212	120976	2006
32	468704	131463	2011	152	391758	139429	1985	248	428563	118841	2006
33	390570	133950	2011	153	393170	141158	1985	249	430650	118438	2006
34	509252	149988	2012	154	411267	112915	2009	250	521520	107631	2006
35	448519	137662	2012	155	416697	108802	2009	251	527307	105733	2006
36	450204	102392	2012	156	421064	108777	2009	252	507083	111964	2006
37	512442	137677	2012	157	419024	107009	2009	253	494870	111729	2006
38	498758	122557	2012	158	417542	108228	2009	254	499433	110598	2006
39	521452	132567	2012	159	424793	99694	2009	255	511314	136291	2006
40	517780	107457	2012	160	417603	108383	2009	256	535406	152924	2006
41	403880	139270	2012	161	423720	99369	2009	257	526362	162810	2006
42	424610	93064	2012	162	413936	116308	2009	258	531212	155401	2006
43	409955	104865	2012	163	409871	105376	2009	259	482047	119338	2004
44	377426	123421	2012	164	409510	102155	2009	260	482434	119471	2004



št.VM	GKy	GKx	leto	št.VM	GKy	GKx	leto	št.VM	GKy	GKx	leto
45	409600	113257	2005	165	409572	102221	2005	261	482047	119338	2004
46	447704	123472	2011	166	409623	102438	2005	262	482434	119471	2004
47	538403	144680	2010	167	409708	102994	2005	263	481840	119271	2004
48	417179	145277	2005	168	409572	102221	2005	264	485532	100207	2004
49	507532	108819	2005	169	409623	102438	2005	265	485308	100044	2004
50	420801	108676	2005	170	409708	102994	2005	266	485532	100207	2004
51	472496	124383	2005	171	393011	141380	2012	267	485308	100044	2004
52	514245	146906	2005	172	403116	116414	1985	268	485706	100164	2004
53	528865	138812	2013	173	403130	115270	1985	269	499758	132155	2007
54	531632	134834	2005	174	383143	130634	2011	270	494494	129944	2007
58	499095	153308	2005	175	378679	130288	2011	271	455040	101763	1990
59	388152	123359	2005	176	383419	130566	2011	272	454974	101798	1990
60	391755	122422	2005	177	382800	130677	2011	273	452246	103276	1990
61	491716	145820	2006	178	413048	113712	2012	274	448707	101739	1990
62	427192	147230	2006	179	409537	113329	2012	275	534641	138592	2010
63	462506	139903	2006	180	422319	109951	2012	276	534463	139848	2010
64	469752	124896	2005	181	421280	91543	2012	277	534122	141352	2010
67	414441	116707	2005	182	421961	91768	2012	278	532156	142635	2010
68	405517	138407	2005	183	425495	94991	2012	279	530315	144221	2010
69	378438	121846	2005	184	419881	98536	2012	280	518425	106969	2010
70	433192	109940	2005	185	422423	98825	2012	281	527285	105693	2010
71	480699	134419	2005	186	415491	84308	2012	282	521577	107626	2010
72	455956	108857	2005	187	415471	83541	2012	283	520675	110740	2010
73	498600	110795	2005	188	391724	122533	2012	284	493820	111327	2010
74	414866	128063	2005	189	409292	118197	2012	285	493829	111341	2010
75	444717	140562	2006	190	414920	117197	2012	286	494363	104771	2010
76	446752	136623	2005	191	377428	123422	2012	287	488470	101711	2010
77	422351	127785	2005	192	402916	117273	2012	288	488473	101712	2010
78	534507	136418	2005	193	396722	119733	2012	289	484535	99236	2010
79	494428	104814	2005	194	390550	133916	2012	290	481919	98583	2010
80	526057	163274	2005	195	409510	102155	1998	291	510796	147450	2010
81	526731	152565	2005	196	380821	123132	1998	292	518793	159525	2010
82	403841	139406	2005	197	381086	123439	1998	293	503846	146303	2005
83	403880	139270	2011	198	409510	102155	1999	294	506122	146585	2005
84	505871	151039	2005	199	381245	123101	1999	301	505705	150761	2005
85	392456	136137	2005	200	417245	116063	2000	302	505705	150761	2005
86	402956	117239	2005	201	410992	116573	2000	303	528984	153219	2015
87	378589	130267	2005	202	413950	116330	2000	304	531212	155401	2015
94	506361	163438	2005	203	417245	116063	2000	305	525928	151572	2015
95	396701	119874	2005	204	410992	116573	2000	306	403880	139270	2007
96	399228	133289	2005	205	413950	116330	2000	307	484538	146484	2007
97	436139	140119	2005	206	424486	99336	2004	VM01	414995	128004	2015
98	417258	107458	2013	207	424486	99336	2005	VM02	414505	128842	2015
99	410221	104195	2013	208	442729	117031	1994	VM03	411086	116220	2015
100	411860	96980	2013	209	496020	111704	1969	VM04	410224	114760	2015
101	396154	131719	2013	210	423105	141234	1985	VM05	425419	111768	2015
102	389658	131635	2013	211	493399	111433	1969	VM06	422911	110348	2015
103	434559	123930	2013	212	488188	127443	1969	VM07	534336	140459	2015
104	394375	141795	2013	213	431708	118405	1965	VM08	533597	142180	2015
106	410964	148967	2013	214	432881	118598	1994	VM09	504986	146113	2015
107	406700	145343	2013	215	434969	107069	1981	VM10	503017	146529	2015
108	451108	139995	2013	216	499986	109462	1969				
VM za katera so določeni hidrološki parametri											



št.VM	GKy	GKx	leto	št.VM	GKy	GKx	leto	št.VM	GKy	GKx	leto
VM za katera hidrološki parametri so določeni, a ne v letu odvzema											
VM za katera hidrološki parametri niso določeni											

5.3.2 Obravnavani hidrološki parametri

Za določitev hidroloških parametrov na VM smo uporabili podatke od leta 1953 do 2012 (60 let), z dodanimi leti 2013 in 2014, ko so bili podatki na razpolago.

Za določitev hidroloških parametrov na 283 lokacijah VM so bili uporabljeni podatki 99 vodomernih postaj (v.p.) (25 v.p. na porečju Drave je bilo uporabljenih 173 krat, 48 v.p. na porečju Save je bilo uporabljenih 259 krat in 26 v.p. na porečju Soče je bilo uporabljenih 241 krat) s prispevnim območjem med 7,11 km² in 529,53 km². V nadaljevanju (Preglednica) so prikazane lokacije in nekateri hidrološki parametri na lokacijah vseh uporabljenih vodomernih postaj uporabljenih za določitev hidroloških parametrov na VM.

Preglednica . Izbrani hidrološki parametri in lokacije vseh uporabljenih vodomernih postaj (v.p.) za določitev hidroloških parametrov. F – velikost prispevnega območja. Za razlago kod hidroloških parametrov glej preglednico 1.

šif.	Vodotok	Ime v.p.	F	GKy	GKx	obdobje		nQnk	nQnp	sQs	vQvp	vQvk
v.p.			(km ²)			leto/m	leto/m	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
2210	Meža	Topla	50,63	485310	146920	1959/1	1982/12	0,120	0,140	1,47	38,3	44,7
2220	Meža	Črna	95,17	488729	147383	1970/1	2013/12	0,282	0,294	2,12	42,3	60,2
2280	Bistra	Pristava	27,37	487390	146320	1959/1	1959/12	0,160	0,160	0,91	15,7	15,7
2300	Javorski potok	Črna	32,30	488970	147310	1970/1	1980/12	0,190	0,190	1,05	13,9	16,7
2330	Jamniški potok	Poljana	23,43	492230	156060	1973/1	1980/12	0,010	0,010	0,33	5,0	7,8
2340	Mislinja	Mislinja	27,71	519120	146590	1957/1	1980/12	0,210	0,210	0,96	14,0	25,3
2360	Mislinja	Dovže	71,60	512250	145420	1955/1	1967/12	0,000	0,000	1,92	67,7	75,6
2370	Mislinja	Dovže I	72,59	511980	145640	1970/1	2013/12	0,202	0,255	1,90	40,9	111,3
2418	Suhodolnica	Stari Trg	56,92	505600	150440	1969/1	1980/12	0,200	0,200	1,43	33,2	48,7
2420	Suhodolnica	Stari Trg I	59,45	505936	151154	1989/1	2013/12	0,152	0,152	1,23	69,6	92,5
2430	Bistrica	Muta	146,55	512885	163125	1954/1	2004/12	0,476	0,500	2,79	40,2	50,0
2440	Vuhredščica	Hudi Kot	17,06	519650	155440	1957/1	1966/12	0,170	0,170	0,60	3,9	3,9
2450	Vuhredščica	Orlica	44,47	518360	160290	1967/1	1974/12	0,038	0,038	1,38	18,5	18,5
2525	Radoljna	Puščava	74,13	532830	157230	1959/1	1970/12	0,270	0,270	2,04	30,8	30,8
2530	Radoljna	Ruta	74,48	532840	157270	1973/1	2013/12	0,243	0,285	2,01	30,7	77,7
2550	Lobnica	Smolnik	33,23	537830	153780	1953/1	1956/12	0,200	0,200	1,19	37,5	40,0
2560	Lobnica	Ruše	42,70	538080	154610	1956/1	1974/12	0,280	0,280	1,42	19,3	31,6
2600	Dravinja	Zreče	42,75	529858	137381	1973/1	2013/12	0,069	0,078	0,82	21,0	31,8
2620	Dravinja	Loče	175,67	538400	128725	1955/1	2013/12	0,290	0,290	2,99	59,2	78,4
2660	Oplotnica	Hudi Vrh	9,75	529550	146480	1953/1	1974/12	0,040	0,040	0,40	5,4	8,0



šif.	Vodotok	Ime v.p.	F	GKy	GKx	obdobje		nQnk	nQnp	sQs	vQvp	vQvk
v.p.			(km ²)			leto/m	leto/m	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
2670	Oplopnica	Dražas vas	85,81	538330	131410	1973/1	2008/12	1,840	1,940	4,79	13,5	21,4
2690	Ložnica	V Zidu	30,94	542780	137200	1973/1	1974/12	0,003	0,003	0,38	14,1	34,5
2700	Bistrica	Močnik	13,40	538460	144610	1973/1	1974/12	0,020	0,085	0,39	1,6	2,3
2790	Framski potok	Fram	13,025	548980	145810	1967/1	1975/12	0,120	0,120	0,34	3,0	5,5
2830	Pesnica	Ranca	84,27	552580	161940	1959/1	2013/12	0,001	0,001	1,07	37,6	57,5
3010	Sava Dolinka	Podkoren	30,22	404650	150425	1958/1	1991/12	0,005	0,005	0,93	6,1	7,9
3015	Sava Dolinka	Kranjska Gora	43,37	407580	150120	1991/1	2013/12	0,199	0,199	1,29	56,8	56,8
3060	Sava Dolinka	Jesenice	259,42	427697	143744	1918/1	2013/12	0,500	0,500	11,05	173,0	281,0
3090	Bistrica	Mojstrana	42,80	417430	145430	1953/1	1972/12	0,800	0,800	3,63	58,3	81,5
3100	Bistrica	Mojstrana I	46,04	419060	146910	1973/1	1989/12	0,003	0,760	2,46	28,5	28,5
3110	Javornik	Javornik	17,03	430550	143030	1954/1	1956/12	0,030	0,030	1,10	5,5	6,8
3115	Završnica	Pri žagi	11,53	438240	141080	2011/1	2012/12	0,063	0,075	0,26	0,6	0,6
3130	Radovna	Srednja Radovna	64,96	423260	141020	1952/1	1972/12	0,770	0,770	3,43	36,9	36,9
3140	Radovna	Fužine	108,83	425320	138760	1953/1	1972/12	0,750	0,750	5,94	38,1	42,2
3180	Radovna	Podhom	166,80	430058	139229	1933/1	2013/12	1,020	1,150	8,25	178,0	178,0
3260	Savica	Ukanc	66,76	410175	126981	1954/1	2013/12	0,000	0,000	5,10	138,0	155,0
3290	Mostnica	Stara Fužina	74,26	414795	127145	1951/1	1958/12	0,340	0,340	3,48	62,6	78,7
3300	Mostnica	Stara Fužina II	74,26	414773	127124	1959/1	2006/12	0,139	0,139	3,24	115,0	157,0
4030	Tržiška Bistrica	Jelendol	48,85	449830	139480	1957/1	1965/12	0,220	0,220	1,77	20,1	99,0
4040	Tržiška Bistrica	Tržič	79,03	447835	135995	1953/1	1982/12	0,380	0,380	2,38	58,4	102,0
4050	Tržiška Bistrica	Preska	121,50	446470	135100	1958/1	2013/12	0,731	1,612	5,03	80,6	154,8
4110	Mošenik	Tržič I	38,80	447100	136240	1965/1	1986/12	0,780	0,780	3,33	55,2	59,2
4120	Kokra	Kokra I	113,10	461770	129206	1957/1	2013/12	0,716	0,716	4,30	121,0	188,0
4130	Kokra	Kokra	112,20	461730	129130	1926/1	1956/12	0,880	0,880	4,93	137,0	137,0
4210	Poljanska Sora	Žiri	53,75	31460	99570	1949/1	1986/12	0,130	0,130	2,39	67,6	118,0
4215	Poljanska Sora	Žiri II	63,00	431335	100105	1989/1	2008/12	0,130	0,130	2,13	96,3	182,0
4270	Selška Sora	Železniki	104,10	435710	120100	1991/1	2013/12	0,072	0,344	3,85	79,5	330,0
4280	Selška Sora	Dolenja vas	159,95	440250	119090	1955/1	1970/12	0,570	0,570	6,66	169,0	298,0
4290	Selška Sora	Dolenja vas I	160,95	440280	119010	1973/1	1979/12	0,610	0,610	6,08	163,0	228,0
4292	Selška Sora	Dolenja vas II	163,22	440350	118960	1979/1	1986/12	0,520	0,520	6,61	244,0	251,0
4480	Nevljica	Nevlje I	82,21	471438	121041	1959/1	2013/12	0,090	0,090	1,76	49,7	68,7
4610	Reka	Breg	96,23	488420	101850	1960/1	1985/12	0,350	0,350	2,18	25,7	30,6
4620	Medija	Loke	58,51	496360	111370	1960/1	1966/12	0,470	0,470	1,65	24,0	32,6
4626	Medija	Zagorje II	96,40	500085	109270	2006/1	2013/12	0,353	0,390	1,85	124,9	156,5
4628	Medija	Zagorje	96,45	500115	109095	1947/1	1979/12	0,192	0,192	2,16	52,7	67,2
4660	Mirna	Martinja vas I	163,82	10900	90700	1963/1	2013/12	0,305	0,305	2,65	64,7	77,7
4790	Bistrica	Zagaj I	94,01	550770	100590	1984/1	2013/12	0,117	0,117	1,65	49,7	66,6
5500	Gradaščica	Dvor	78,88	449690	102220	1979/1	2013/12	0,140	0,285	2,28	55,6	89,7
6010	Savinja	Solčava	63,38	476700	141870	1949/1	1958/12	0,320	0,320	2,01	39,4	55,6
6020	Savinja	Solčava I	63,41	476784	141780	1959/1	2013/12	0,120	0,150	2,22	99,9	148,0
6050	Savinja	Ljubno	238,60	487640	132880	1954/1	1982/12	0,960	0,960	10,41	149,0	305,0



šif.	Vodotok	Ime v.p.	F	GKy	GKx	obdobje		nQnk	nQnp	sQs	vQvp	vQvk
v.p.			(km ²)			leto/m	leto/m	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
6060	Savinja	Nazarje	457,11	496710	130800	1926/1	2013/12	1,208	1,440	17,54	480,0	648,0
6068	Savinja	Letuš I	529,53	500710	131350	1993/1	2013/12	2,289	2,422	17,93	432,8	772,2
6220	Lučnica	Luče	57,39	480815	134497	1955/1	2013/12	0,000	0,000	2,48	117,9	173,1
6240	Dreta	Kraše	100,82	492613	126766	1959/1	2013/12	0,210	0,250	4,10	256,4	256,4
6250	Dreta	Pusto Polje	107,38	494555	127875	1947/1	1964/12	0,300	0,300	5,71	151,0	219,0
6280	Paka	Velenje	63,36	509475	135310	1953/1	2013/12	0,050	0,050	1,19	79,0	127,0
6350	Lepena	Škale	7,11	508770	137625	1979/1	2013/12	0,001	0,001	0,10	6,9	9,0
6510	Bolska	Ločica	58,81	496100	120400	1957/1	1973/12	0,230	0,230	1,34	47,0	65,0
6520	Bolska	Kapla	107,95	501950	123380	1953/1	1973/12	0,230	0,230	2,70	62,1	74,5
6550	Bolska	Dolenja vas II	170,47	507533	121683	1952/1	2013/12	0,104	0,127	3,85	132,0	193,1
6770	Hudinja	Polže	69,09	521877	130047	1953/1	2013/12	0,072	0,072	1,14	144,0	144,0
6840	Gračnica	Vodiško	96,67	518310	106990	1968/1	1991/12	0,153	0,153	2,07	65,2	96,3
8010	Soča	Trenta	39,55	403880	139270	1955/1	1982/12	0,120	0,120	2,47	53,0	53,0
8020	Soča	Zgornja Soča	90,85	399130	133990	1953/1	1973/12	1,080	1,080	6,96	314,0	486,0
8030	Soča	Kršovec	157,90	392620	133590	1945/1	2002/12	1,680	1,680	11,92	300,0	447,0
8060	Soča	Log Čezsoški	324,76	384435	131180	1928/1	2013/12	3,020	3,020	25,51	481,6	580,0
8210	Zadnjica	Trenta	23,30	404510	138270	1955/1	1973/12	0,150	0,150	2,01	27,1	50,8
8220	Lepena	Lepena	13,91	396840	130900	1964/1	1973/12	0,100	0,100	2,19	50,5	72,0
8230	Koritnica	Log pod Mangartom	40,81	391440	138400	1957/1	2013/12	0,770	0,770	3,33	76,5	128,0
8240	Koritnica	Kal-Koritnica	86,04	390730	134030	1954/1	2005/12	0,896	1,130	7,37	289,0	311,0
8270	Učja	Žaga	50,19	383125	130645	1954/1	2013/12	0,230	0,230	3,44	286,0	286,0
8280	Idrija	Kobarid	18,78	390260	123640	1984/1	1989/12	0,020	0,020	0,88	24,1	24,1
8290	Idrija	Mlinsko	20,75	391060	122570	1957/1	1966/12	0,260	0,260	1,62	20,2	33,3
8330	Tolminka	Tolmin	73,37	402760	116670	1953/1	2013/12	0,365	0,410	7,81	130,0	130,0
8340	Zadlaščica	Zadlaz	14,57	405020	119650	1954/1	1966/12	0,010	0,010	2,23	58,6	58,6
8360	Idrija	Podroteja	112,84	25290	94090;	1954/1	1976/12	1,160	1,160	10,12	229,0	306,0
8454	Cerknica	Cerkno III	40,18	421450	109085	2006/1	2013/12	0,158	0,177	1,49	21,9	74,0
8455	Cerknica	Cerkno II	40,55	421125	108830	1992/1	2005/12	0,076	0,091	1,60	41,3	58,2
8457	Cerknica	Cerkno I	42,26	420510	108620	1981/1	1989/12	0,314	0,314	1,53	21,5	25,5
8460	Cerknica	Cerkno	43,26	420040	108150	1957/1	1981/12	0,187	0,187	2,01	40,7	65,9
8480	Trebuša	Dolenja Trebuša	55,31	410105	106265	1954/1	2013/12	0,270	0,270	2,71	105,0	105,0
8490	Bača	Koritnica	83,11	413140	113790	1954/1	1985/12	0,350	0,350	3,88	77,3	79,6
8500	Bača	Bača pri Modreju	143,06	405797	113112	1940/1	2013/12	0,379	0,379	6,94	154,0	243,0
8510	Koritnica	Koritnica	26,33	413170	113920	1953/1	1966/12	0,170	0,170	1,36	33,1	36,3
8520	Kneža	Kneža	35,47	409810	113760	1953/1	1966/12	0,100	0,100	2,49	31,6	38,8
8630	Hubelj	Ajdovščina I	93,14	15402	83863;	1955/1	2013/12	0,050	0,175	2,89	51,3	59,5
8710	Nadiža	Potoki	95,03	384806	123804	1956/1	2013/12	0,060	0,060	4,16	282,0	282,0
8730	Nadiža	Robič	100,58	385380	123360	2001/1	2006/12	0,000	0,000	2,80	78,1	251,9

Vrednosti hidroloških parametrov za vsa VM so v prilogi A, medtem ko v preglednici (Preglednica) podajamo primer za izbranih pet VM.



Preglednica . Seznam hidroloških parametrov z vrednostmi za pet izbranih vzorčnih mest.
v.p. – vodomerna postaja, F – velikost prispevnega območja

Opis lokacije VM	(št. ali ozn) ime VM		(VM01) pod odvzemom	(VM02) nad odvzemom (refer.odsek)	(VM03) pod odvzemom	(VM04) pod odvzemom in pritoku	(1) Čeplje
	vodotok		Mostnica	Mostnica	Kneža	Kneža	Bolska
	F	(km ²)	40,6	39,6	28,75	33,75	87,27
	Koordinate	GKy	414995	414505	411086	410224	498869
Datum		GKx	128004	128842	116220	114760	122503
	meritve VM		8.07.2015	8.07.2015	10.08.2015	10.08.2015	7.08.2007
za izračun faktorja uporabljene vodomerne postaje	v.p.1	šifra	3300	3300	8500	8500	6550
	v.p.1	vodotok	Mostnica	Mostnica	Bača	Bača	Bolska
	v.p.1	ime	Stara Fužina II	Stara Fužina II	Bača pri Modreju	Bača pri Modreju	Dolenja vas II
	v.p.1	F (km ²)	74,26	74,26	143,06	143,06	170,47
	v.p.2	šif.	3290	3290	8520	8520	6520
	v.p.2	vodotok	Mostnica	Mostnica	Kneža	Kneža	Bolska
	v.p.2	ime	Stara Fužina	Stara Fužina	Kneža	Kneža	Kapla
	v.p.2	F (km ²)	74,26	74,26	35,47	35,47	107,95
	v.p.3	šifra	3260	3260			6510
	v.p.3	vodotok	Savica	Savica			Bolska
	v.p.3	ime	Ukanc	Ukanc			Ločica
	v.p.3	F (km ²)	66,76	66,76			58,81
	v.p.4	šifra					
	v.p.4	vodotok					
	v.p.4	ime					
	v.p.4	F (km ²)					
	v.p.5	šifra					
	v.p.5	vodotok					
	v.p.5	ime					
	v.p.5	F (km ²)					
Uporabljeni faktorji	v.p.1		0,6014	0,5866	0,2741	0,3218	0,5324
	v.p.2		0,5959	0,5813	0,8105	0,9515	0,8084
	v.p.3		0,4014	0,3915			1,6026
	v.p.4						
	v.p.5						
Karakteristični pretoki za VM v obdobju 1953-2012	n/N	št.let	60/60	60/60	60/60	60/60	60/60
	nQnp	(m ³ /s)	0,016	0,015	0,081	0,095	0,068
	sQnp	(m ³ /s)	0,219	0,213	0,418	0,491	0,344
	nQnk	(m ³ /s)	0,016	0,015	0,081	0,095	0,055
	sQnk	(m ³ /s)	0,214	0,208	0,397	0,466	0,320
	sQs	(m ³ /s)	1,95	1,90	1,86	2,18	2,04
	sQvk	(m ³ /s)	39,4	38,5	33,0	38,7	40,8
	vQvk	(m ³ /s)	94,4	92,1	66,6	78,2	102,8



Karakteristični pretoki za VM v obdobju 1983-2012	n/N	št.let	30/30	30/30	30/30	30/30	30/30
	nQnp	(m ³ /s)	0,016	0,015	0,104	0,122	0,068
	sQnp	(m ³ /s)	0,188	0,183	0,360	0,423	0,257
	nQnk	(m ³ /s)	0,016	0,015	0,104	0,122	0,055
	sQnk	(m ³ /s)	0,179	0,174	0,325	0,381	0,213
	sQs	(m ³ /s)	1,81	1,76	1,74	2,05	1,93
	sQvk	(m ³ /s)	35,8	35,0	37,0	43,5	44,7
	vQvk	(m ³ /s)	70,4	68,6	66,6	78,2	102,8
Pretok na dan VM		(m ³ /s)	**	**	**	**	0,250
Pretok je večji ali enak () meseca v letu VM	Q0	(m ³ /s)	**	**	**	**	36,6
	Q1	(m ³ /s)	**	**	**	**	4,29
	Q2	(m ³ /s)	**	**	**	**	2,88
	Q3	(m ³ /s)	**	**	**	**	2,23
	Q4	(m ³ /s)	**	**	**	**	1,85
	Q5	(m ³ /s)	**	**	**	**	1,55
	Q6	(m ³ /s)	**	**	**	**	1,25
	Q7	(m ³ /s)	**	**	**	**	0,960
	Q8	(m ³ /s)	**	**	**	**	0,756
	Q9	(m ³ /s)	**	**	**	**	0,607
	Q10	(m ³ /s)	**	**	**	**	0,459
	Q11	(m ³ /s)	**	**	**	**	0,319
	Q12	(m ³ /s)	**	**	**	**	0,192
pretok je večji ali enak x% časa v letu VM	Q98%	(m ³ /s)	**	**	**	**	0,246
	Q95%	(m ³ /s)	**	**	**	**	0,290
	Q90%	(m ³ /s)	**	**	**	**	0,342
	Q85%	(m ³ /s)	**	**	**	**	0,427
	Q80%	(m ³ /s)	**	**	**	**	0,545
	Q75%	(m ³ /s)	**	**	**	**	0,607
	Q70%	(m ³ /s)	**	**	**	**	0,710
	Q65%	(m ³ /s)	**	**	**	**	0,781
	Q60%	(m ³ /s)	**	**	**	**	0,887
	Q55%	(m ³ /s)	**	**	**	**	1,08

** - parameter ni bil izračunan.

5.4 Opredelitev odvzemov

Pri opredelitvi vzorčnih mest na odvzemih smo uporabili podatke za koncesije in podatke o vodnih dovoljenjih iz geoportala ARSO. Uporabili smo le tiste podatke, kjer je bilo vzorčenje združb organizmov opravljeno v istem ali kasnejšem letu kot je bila podeljena koncesije ali vodno dovoljenje. Koncesij ali vodnih dovoljenj, ki so bila podeljena v kasnejših letih in na pridobljene podatke o združbah organizmov tako niso imele vpliva, nismo upoštevali.



Na podlagi podatkov iz koncesij in vodnih dovoljenj smo določili dva parametra (preglednica 21):

- maksimalni trenutni odvzem (podatek o predvidenem maksimalnem odvzemu vode)
- povprečni trenutni odvzem (podatek o predvidenem odvzemu (m^3/leto) za vodna dovoljenja oziroma podatek, izračunan iz podatka o potencialni energiji vodnega telesa (MWh/leto)).

Za preračun vrednosti o povprečnem trenutnem odvzemu smo uporabili naslednjo enačbo o povezavi med potencialno energijo vodnega telesa¹ (W_p) in instaliranim pretoku elektrarne (Q_i):

$$W_p = \rho * g * H_b * T * Q_i / 10^6 \text{ (MWh)}$$

kjer je:

- ρ - gostota vode $1000 \text{ [kg/m}^3\text{]}$,
- g - težni pospešek $9,81 \text{ [m/s}^2\text{]}$,
- H_b - (Hzg - Hsp) bruto padec elektrarne $[\text{m}]$,
- T - $8760 \text{ ur v letu}^2 \text{ [h]}$,
- Q_i - instalirani pretok elektrarne $[\text{m}^3/\text{s}]$, če je manjši od sQ_s , sicer $Q_i = sQ_s$
- 10^3 oz. 10^6 - pretvornik med W in kW oz. MW; $W = \text{kgm}^2/\text{s}^3$.

Preglednica . Parametra na podlagi podatkov o odvzemih

Koda parametra	Parameter	Koda	Enota
trenutni odvzem	maksimalni trenutni odvzem	TOD	m^3/s
letni odvzem	povprečni trenutni odvzem (izračunan iz letnega odvzema)	LOD	m^3/s

5.5 Parametri odvzemov vode glede na izbrane hidrološke parametre – parametri relativnih vrednosti odvzemov

Za preveritev vpliva odvzemov vode na ekološko stanje smo izračunali še relativne vrednosti odvzemov glede na izbrane hidrološke parametre (preglednica 22) in sicer:

¹ Potencialna energija dela vodnega telesa W_p , izražena v MWh, je ocena količine energije, ki je v povprečju v koledarskem letu razpoložljiva za proizvodnjo električne energije

² Število ur v koledarskem letu, razpoložljivih za proizvodnjo električne energije ($365 \text{ dni} * 24 \text{ h}$)



- a) razmerje med maksimalnim trenutnim odvzemom in posameznim izbranim hidrološkim parametrom, ter
- b) razmerje med povprečnim trenutnim odvzemom in posameznim izbranim hidrološkim parametrom.

Preglednica . Seznam parametrov relativnih vrednosti odvzemov.

Koda parametra	Parametri relativnih vrednosti odvzema
LOD_d_nQnp	povprečni trenutni odvzem glede na glede na najmanjši mali pretok v obdobju 1953-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
LOD_d_sQnp	povprečni trenutni odvzem glede na srednji mali pretok v obdobju 1953-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
LOD_d_nQnk	povprečni trenutni odvzem glede na najmanjši mali pretok v obdobju 1953-2012 - konica (m^3/s)
LOD_d_sQnk	povprečni trenutni odvzem glede na srednji mali pretok v obdobju 1953-2012 - konica (m^3/s)
LOD_d_sQs	povprečni trenutni odvzem glede na srednji dnevni pretok v obdobju 1953-2012 (m^3/s)
LOD_d_sQvk	povprečni trenutni odvzem glede na srednji veliki pretok v obdobju 1953-2012 - konica (m^3/s)
LOD_d_vQvk	povprečni trenutni odvzem glede na največji veliki pretok v obdobju 1953-2012 - konica (m^3/s)
LOD_k_nQnp	povprečni trenutni odvzem glede na najmanjši mali pretok v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
LOD_k_sQnp	povprečni trenutni odvzem glede na srednji mali pretok v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
LOD_k_nQnk	povprečni trenutni odvzem glede na najmanjši mali pretok v obdobju 1983-2012 - konica (m^3/s)
LOD_k_sQnk	povprečni trenutni odvzem glede na srednji mali pretok v obdobju 1983-2012 - konica (m^3/s)
LOD_k_sQs	povprečni trenutni odvzem glede na srednji dnevni pretok v obdobju 1983-2012 (m^3/s)
LOD_k_sQvk	povprečni trenutni odvzem glede na srednji veliki pretok v obdobju 1983-2012 - konica (m^3/s)
LOD_k_vQvk	povprečni trenutni odvzem glede na največji veliki pretok v obdobju 1983-2012 - konica (m^3/s)
LOD_Qdan	povprečni trenutni odvzem glede na srednji dnevni pretok (m^3/s)
LOD_Q0	povprečni trenutni odvzem glede na najvišji srednji dnevni pretok (vsi pretoki v letu* so manjši ali enaki)
LOD_Q1	povprečni trenutni odvzem glede na 1 mesec je srednji dnevni pretok v letu* večji ali enak
LOD_Q2	povprečni trenutni odvzem glede na 2 meseca je srednji dnevni pretok v letu* večji ali enak



Koda parametra	Parametri relativnih vrednosti odvzema
LOD_Q3	povprečni trenutni odvzem glede na 3 mesece je srednji dnevni pretok v letu* večji ali enak
LOD_Q4	povprečni trenutni odvzem glede na 4 mesece je srednji dnevni pretok v letu* večji ali enak
LOD_Q5	povprečni trenutni odvzem glede na 5 mesecev je srednji dnevni pretok v letu* večji ali enak
LOD_Q6	povprečni trenutni odvzem glede na 6 mesecev je srednji dnevni pretok v letu* večji ali enak
LOD_Q7	povprečni trenutni odvzem glede na 7 mesecev je srednji dnevni pretok v letu* večji ali enak
LOD_Q8	povprečni trenutni odvzem glede na 8 mesecev je srednji dnevni pretok v letu* večji ali enak
LOD_Q9	povprečni trenutni odvzem glede na 9 mesecev je srednji dnevni pretok v letu* večji ali enak
LOD_Q10	povprečni trenutni odvzem glede na 10 mesecev je srednji dnevni pretok v letu* večji ali enak
LOD_Q11	povprečni trenutni odvzem glede na 11 mesecev je srednji dnevni pretok v letu* večji ali enak
LOD_Q12	povprečni trenutni odvzem glede na najnižji srednji dnevni pretok (vsi pretoki v letu* so večji ali enaki)
LOD_p_Q98	povprečni trenutni odvzem glede na srednji dnevni pretok je večji ali enak 98% časa v letu*
LOD_p_Q95	povprečni trenutni odvzem glede na srednji dnevni pretok je večji ali enak 95% časa v letu*
LOD_p_Q90	povprečni trenutni odvzem glede na srednji dnevni pretok je večji ali enak 90% časa v letu*
LOD_p_Q85	povprečni trenutni odvzem glede na srednji dnevni pretok je večji ali enak 85% časa v letu*
LOD_p_Q80	povprečni trenutni odvzem glede na srednji dnevni pretok je večji ali enak 80% časa v letu*
LOD_p_Q75	povprečni trenutni odvzem glede na srednji dnevni pretok je večji ali enak 75% časa v letu*
LOD_p_Q70	povprečni trenutni odvzem glede na srednji dnevni pretok je večji ali enak 70% časa v letu*
LOD_p_Q65	povprečni trenutni odvzem glede na srednji dnevni pretok je večji ali enak 65% časa v letu*
LOD_p_Q60	povprečni trenutni odvzem glede na srednji dnevni pretok je večji ali enak 60% časa v letu*
LOD_p_Q55	povprečni trenutni odvzem glede na srednji dnevni pretok je večji ali enak 55% časa v letu*
LOD_Qnp0	povprečni trenutni odvzem glede na 0% malih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m ³ /s)
LOD_Qnp05	povprečni trenutni odvzem glede na 5% malih pretokov v obdobju 1983-2012 -



Koda parametra	Parametri relativnih vrednosti odvzema
	dnevno povprečje (m^3/s)
LOD_Qnp10	povprečni trenutni odvzem glede na 10% malih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
LOD_Qnp25	povprečni trenutni odvzem glede na 25% malih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
LOD_Qnp50	povprečni trenutni odvzem glede na 50% malih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
LOD_Qnp75	povprečni trenutni odvzem glede na 75% malih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
LOD_Qnp90	povprečni trenutni odvzem glede na 90% malih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
LOD_Qnp95	povprečni trenutni odvzem glede na 95% malih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
LOD_Qnp100	povprečni trenutni odvzem glede na 100% malih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
LOD_Qs0	povprečni trenutni odvzem glede na 0% srednjih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
LOD_Qs05	povprečni trenutni odvzem glede na 5% srednjih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
LOD_Qs10	povprečni trenutni odvzem glede na 10% srednjih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
LOD_Qs25	povprečni trenutni odvzem glede na 25% srednjih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
LOD_Qs50	povprečni trenutni odvzem glede na 50% srednjih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
LOD_Qs75	povprečni trenutni odvzem glede na 75% srednjih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
LOD_Qs90	povprečni trenutni odvzem glede na 90% srednjih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
LOD_Qs95	povprečni trenutni odvzem glede na 95% srednjih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
LOD_Qs100	povprečni trenutni odvzem glede na 100% srednjih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
TOD_d_nQnp	maksimalni trenutni odvzem glede na najmanjši mali pretok v obdobju 1953-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
TOD_d_sQnp	maksimalni trenutni odvzem glede na srednji mali pretok v obdobju 1953-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
TOD_d_nQnk	maksimalni trenutni odvzem glede na najmanjši mali pretok v obdobju 1953-2012 - konica (m^3/s)
TOD_d_sQnk	maksimalni trenutni odvzem glede na srednji mali pretok v obdobju 1953-2012 - konica (m^3/s)
TOD_d_sQs	maksimalni trenutni odvzem glede na srednji dnevni pretok v obdobju 1953-2012 (m^3/s)



Koda parametra	Parametri relativnih vrednosti odvzema
TOD_d_sQvk	maksimalni trenutni odvzem glede na srednji veliki pretok v obdobju 1953-2012 - konica (m^3/s)
TOD_d_vQvk	maksimalni trenutni odvzem glede na največji veliki pretok v obdobju 1953-2012 - konica (m^3/s)
TOD_k_nQnp	maksimalni trenutni odvzem glede na najmanjši mali pretok v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
TOD_k_sQnp	maksimalni trenutni odvzem glede na srednji mali pretok v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
TOD_k_nQnk	maksimalni trenutni odvzem glede na najmanjši mali pretok v obdobju 1983-2012 - konica (m^3/s)
TOD_k_sQnk	maksimalni trenutni odvzem glede na srednji mali pretok v obdobju 1983-2012 - konica (m^3/s)
TOD_k_sQs	maksimalni trenutni odvzem glede na srednji dnevni pretok v obdobju 1983-2012 (m^3/s)
TOD_k_sQvk	maksimalni trenutni odvzem glede na srednji veliki pretok v obdobju 1983-2012 - konica (m^3/s)
TOD_k_vQvk	maksimalni trenutni odvzem glede na največji veliki pretok v obdobju 1983-2012 - konica (m^3/s)
TOD_Qdan	maksimalni trenutni odvzem glede na srednji dnevni pretok (m^3/s)
TOD_Q0	maksimalni trenutni odvzem glede na najvišji srednji dnevni pretok (vsi pretoki v letu* so manjši ali enaki)
TOD_Q1	maksimalni trenutni odvzem glede na 1 mesec je srednji dnevni pretok v letu* večji ali enak
TOD_Q2	maksimalni trenutni odvzem glede na 2 meseca je srednji dnevni pretok v letu* večji ali enak
TOD_Q3	maksimalni trenutni odvzem glede na 3 mesece je srednji dnevni pretok v letu* večji ali enak
TOD_Q4	maksimalni trenutni odvzem glede na 4 mesece je srednji dnevni pretok v letu* večji ali enak
TOD_Q5	maksimalni trenutni odvzem glede na 5 mesecev je srednji dnevni pretok v letu* večji ali enak
TOD_Q6	maksimalni trenutni odvzem glede na 6 mesecev je srednji dnevni pretok v letu* večji ali enak
TOD_Q7	maksimalni trenutni odvzem glede na 7 mesecev je srednji dnevni pretok v letu* večji ali enak
TOD_Q8	maksimalni trenutni odvzem glede na 8 mesecev je srednji dnevni pretok v letu* večji ali enak
TOD_Q9	maksimalni trenutni odvzem glede na 9 mesecev je srednji dnevni pretok v letu* večji ali enak
TOD_Q10	maksimalni trenutni odvzem glede na 10 mesecev je srednji dnevni pretok v letu* večji ali enak
TOD_Q11	maksimalni trenutni odvzem glede na 11 mesecev je srednji dnevni pretok v letu* večji ali enak



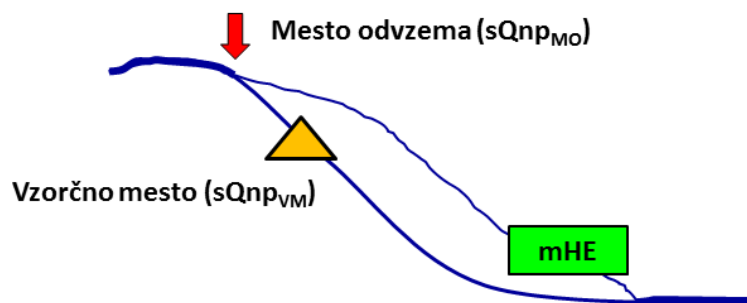
Koda parametra	Parametri relativnih vrednosti odvzema
TOD_Q12	maksimalni trenutni odvzem glede na najnižji srednji dnevni pretok (vsi pretoki v letu* so večji ali enaki)
TOD_p_Q98	maksimalni trenutni odvzem glede na srednji dnevni pretok je večji ali enak 98% časa v letu*
TOD_p_Q95	maksimalni trenutni odvzem glede na srednji dnevni pretok je večji ali enak 95% časa v letu*
TOD_p_Q90	maksimalni trenutni odvzem glede na srednji dnevni pretok je večji ali enak 90% časa v letu*
TOD_p_Q85	maksimalni trenutni odvzem glede na srednji dnevni pretok je večji ali enak 85% časa v letu*
TOD_p_Q80	maksimalni trenutni odvzem glede na srednji dnevni pretok je večji ali enak 80% časa v letu*
TOD_p_Q75	maksimalni trenutni odvzem glede na srednji dnevni pretok je večji ali enak 75% časa v letu*
TOD_p_Q70	maksimalni trenutni odvzem glede na srednji dnevni pretok je večji ali enak 70% časa v letu*
TOD_p_Q65	maksimalni trenutni odvzem glede na srednji dnevni pretok je večji ali enak 65% časa v letu*
TOD_p_Q60	maksimalni trenutni odvzem glede na srednji dnevni pretok je večji ali enak 60% časa v letu*
TOD_p_Q55	maksimalni trenutni odvzem glede na srednji dnevni pretok je večji ali enak 55% časa v letu*
TOD_Qnp0	maksimalni trenutni odvzem glede na 0% malih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
TOD_Qnp05	maksimalni trenutni odvzem glede na 5% malih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
TOD_Qnp10	maksimalni trenutni odvzem glede na 10% malih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
TOD_Qnp25	maksimalni trenutni odvzem glede na 25% malih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
TOD_Qnp50	maksimalni trenutni odvzem glede na 50% malih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
TOD_Qnp75	maksimalni trenutni odvzem glede na 75% malih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
TOD_Qnp90	maksimalni trenutni odvzem glede na 90% malih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
TOD_Qnp95	maksimalni trenutni odvzem glede na 95% malih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
TOD_Qnp100	maksimalni trenutni odvzem glede na 100% malih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
TOD_Qs0	maksimalni trenutni odvzem glede na 0% srednjih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
TOD_Qs05	maksimalni trenutni odvzem glede na 5% srednjih pretokov v obdobju 1983-



Koda parametra	Parametri relativnih vrednosti odvzema
	2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
TOD_Qs10	maksimalni trenutni odvzem glede na 10% srednjih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
TOD_Qs25	maksimalni trenutni odvzem glede na 25% srednjih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
TOD_Qs50	maksimalni trenutni odvzem glede na 50% srednjih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
TOD_Qs75	maksimalni trenutni odvzem glede na 75% srednjih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
TOD_Qs90	maksimalni trenutni odvzem glede na 90% srednjih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
TOD_Qs95	maksimalni trenutni odvzem glede na 95% srednjih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)
TOD_Qs100	maksimalni trenutni odvzem glede na 100% srednjih pretokov v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m^3/s)

5.6 Faktorji za določitev Qes na vzorčnih mestih

Za izračun faktorjev za določitev Qes na vzorčnih mestih smo najprej za obdobje 1983-2012 določili hidrološki parameter sQ_{np} za lokacije 19 mest odvzema po enakem pristopu kot je bil določen za vzorčna mesta, na katera imajo vpliv (oznake 75, 76, 156, 161, 186, 229, 232, 241, 276, 278, 303, 304, VM01, VM03, VM04, VM05, VM07, VM08 in VM09). Na podlagi karakteristik odvzema, ter lokacije odvzema in izpusta so bili določeni faktorji za določitev Qes na mestu odvzema (slika 63). Z upoštevanjem sQ_{np} na mestu odvzema in vzorčnem mestu smo za posamezno vzorčno mesto (VM) določili faktor (f) za določitev Qes kot razmerje med sQ_{np} vzorčnega mesta ($sQ_{np_{VM}}$) in sQ_{np} gorvodnega mesta odvzema ($sQ_{np_{MO}}$) (slika 63).



Slika . Shematski prikaz položaja vzorčnega mesta in mesta odvzema vode za določitev faktorjev za Qes.



5.7 Viri

GURS_TTN5, Geodetska uprava Republike Slovenije, TTN 1:5000. Kartografsko gradivo v digitalni obliki.

GURS_TTN10, Geodetska uprava Republike Slovenije, TTN 1:10000. Kartografsko gradivo v digitalni obliki.

GURS_DTK25, GURS, Geodetska uprava Republike Slovenije, DTK 1:25000. Kartografsko gradivo v digitalni obliki.

GURS_DPK250, GURS, Geodetska uprava Republike Slovenije, DPK 1:250000. Kartografsko gradivo v digitalni obliki.

GURS_DPK500V, GURS, Geodetska uprava Republike Slovenije, DPK 1:500000. Kartografsko gradivo v digitalni obliki.

ARSO_R, Agencija RS za Okolje, spletna stran, Razvodnice (http://gis.arso.gov.si/geoserver/ows?SERVICE=WFS&REQUEST=GetFeature&VERSION=1.1.0&TYPENAME=arso:RAZVOD&PROPERTYNAME=SHAPE,TIP,MAPKEY&OUTPUTFORMAT=SHAPE-ZIP&format_options=charset:WINDOWS-1250)

ARSO_HO, Agencija RS za Okolje, spletna stran, Hidrografska območja (http://gis.arso.gov.si/geoserver/ows?SERVICE=WFS&REQUEST=GetFeature&VERSION=1.1.0&TYPENAME=arso%3AHIDGRFOBM&PROPERTYNAME=SHAPE%2CHOIME_2%2CHGO_ID_2%2CHGO_ID%2CHOIME_4%2CPOVODJE%2CPOV_M2%2CHOIME_1%2CHGO_ID_1%2CPOVR_HA%2CHOIME_3%2CHOOPIS%2CHGO_ID_3&OUTPUTFORMAT=SHAPE-ZIP&format_options=charset%3AWINDOWS-1250)

ARSO_ARH_M, Agencija RS za Okolje, spletna stran, Mesečne statistike - pretok (http://www.arso.gov.si/vode/podatki/arhiv/hidroloski_arhiv.html)

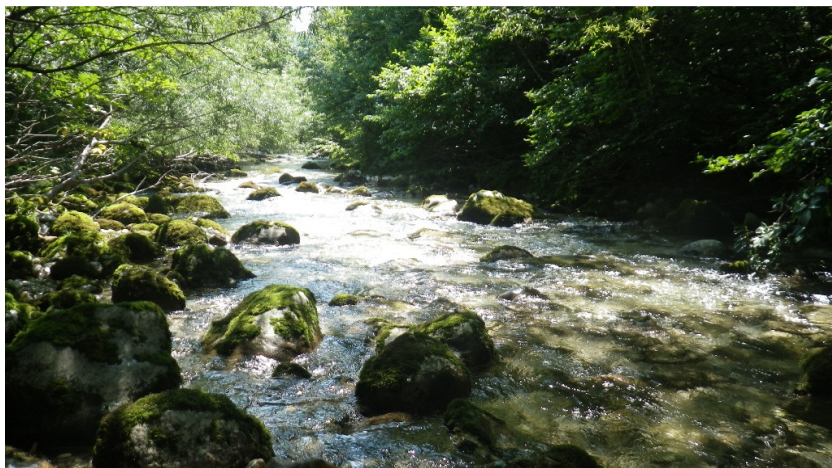
ARSO_ARH_D, Agencija RS za Okolje, spletna stran, Arhiv hidroloških podatkov, Površinske vode - dnevne vrednosti (http://vode.arso.gov.si/hidarhiv/pov_arhiv_tab.php)

ARSO_Q2014, Agencija RS za Okolje, Površinske vode - dnevne vrednosti vodostajev in pretokov za nekatere v.p. v letih 2014 in/ali 2013

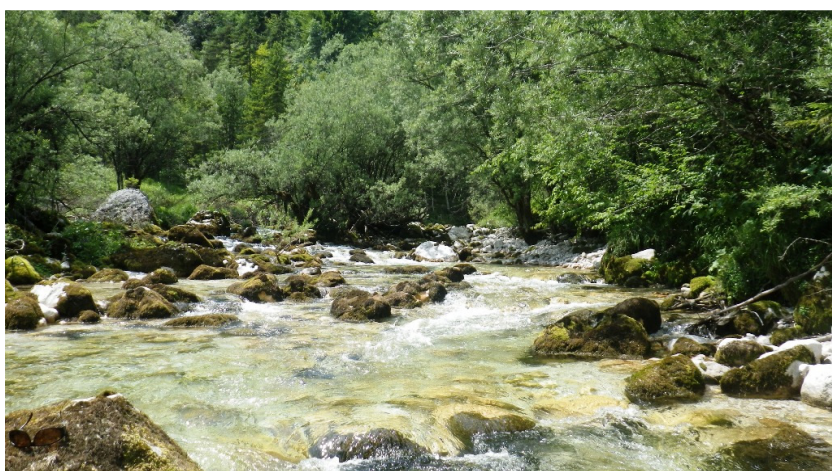


6 EKOLOŠKO STANJE

Za ovrednotenje ekološkega stanja smo izbrali deset vzorčnih mest, predstavljenih na slikah 64–73. Slike so bile posnete ob vzorčenju rib v juliju 2015.



Slika . Izbrano vzorčno mesto na Mostnici v Stari Fužini (MtSF0715)



Slika . Izbrano vzorčno mesto na Mostnici v Obli gorici (MtOG0715)



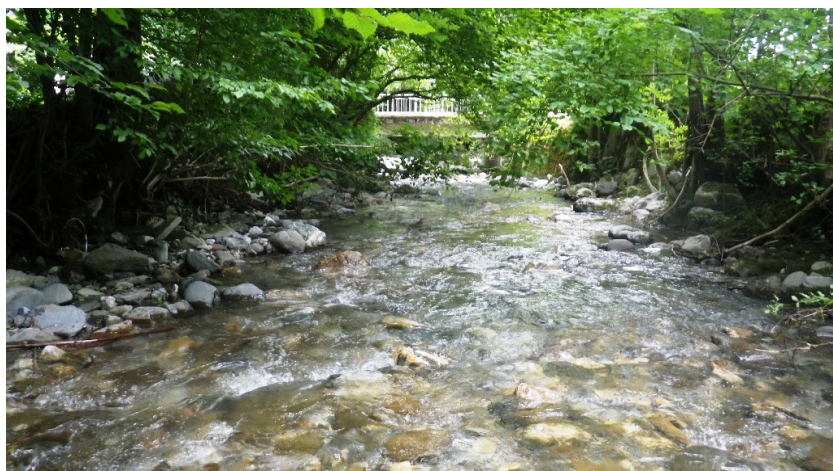
Slika . Izbrano vzorčno mesto na Kneži v Lojah (KnLo0715)



Slika . Izbrano vzorčno mesto na Kneži v Policah (KnPo0715)



Slika . Izbrano vzorčno mesto na Cerknici pri Franji (CeFr0715)



Slika . Izbrano vzorčno mesto na Cerknici pri Magajni (CeMa0715)



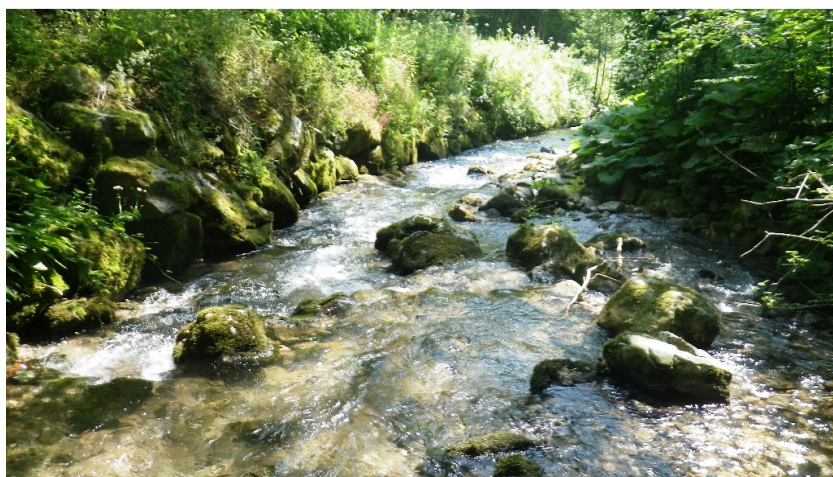
Slika . Izbrano vzorčno mesto na Oplotnici v Oplotnici (OpOp0715)



Slika . Izbrano vzorčno mesto na Oplotnici pri Cezlaku (OpCe0715)



Slika . Izbrano vzorčno mesto na Suhadolnici pri Smrčunu (SdSm0715)



Slika . Izbrano vzorčno mesto na Suhadolnici pri Hermanu (SdHe0715)

Biološke elemente kakovosti smo vzorčili enkrat na vsakem vzorčnem mestu, prav tako so se popisi hidromorfoloških elementov kakovosti izvedli enkrat, v istem obdobju kot so bili vzorčeni biološki elementi kakovosti (Preglednica 23). Vodo za laboratorijske analize fizikalno-kemijskih parametrov smo odvzeli na vsakem vzorčnem mestu v štirih obdobjih (sezonah).



Preglednica . Datumi popisov hidromorfoloških elementov kakovosti, vzorčenja vode za analize fizikalno-kemijskih elementov kakovosti in vzorčenj bioloških elementov kakovosti na desetih vzorčnih mestih (VM) izbranih vodotokov. HM - hidromorfološki, BN - bentoški nevretenčarji, FB – fitobentos, X – Gauss-Krüger koordinata X, Y – Gauss-Krüger koordinata Y.

Element kakovosti						HM	FIZIKALNO-KEMIJSKI				BIOLOŠKI		
											BN	FB	RIBE
Vodotok	Kraj	Koda VM	Y	X	Položaj	Datumi vzorčenja/popisov značilnosti							
Mostnica	Obla Gorica	MtOG0715	414505	128842	nad odvzemom	20.7.2015	8.12.2014	19.3.2015	8.6.2015	9.9.2015	8.7.2015	8.7.2015	15.7.2015
Mostnica	Stara Fužina	MtSF0715	414995	128004	pod odvzemom	20.7.2015	8.12.2014	19.3.2015	8.6.2015	9.9.2015	8.7.2015	8.7.2015	15.7.2015
Kneža	Loje	KnLo0715	411086	116220	pod odvzemom	23.7.2015	8.12.2014	19.3.2015	8.6.2015	9.9.2015	7.7.2015 10.8.2015	10.8.2015	10.7.2015
Kneža	Polica	KnPo0715	410224	114760	pod odvzemom in pritoku	23.7.2015	8.12.2014	19.3.2015	8.6.2015	9.9.2015	7.7.2015 10.8.2015	10.8.2015	10.7.2015
Cerknica	Franja	CeFr0715	425419	111768	pod odvzemom	23.7.2015	8.12.2014	19.3.2015	8.6.2015	9.9.2015	7.7.2015	7.7.2015	13.7.2015
Cerknica	Magajne	CeMa0715	422911	110348	pod vrnitvijo	23.7.2015	8.12.2014	19.3.2015	8.6.2015	9.9.2015	7.7.2015	7.7.2015	13.7.2015
Oplotnica	Cezlak	OpCe0715	533597	142180	pod in pred odvzemom	21.7.2015	10.12.2014	17.3.2015	10.6.2015	10.9.2015	6.7.2015	6.7.2015	8.7.2015
Oplotnica	Oplotnica	OpOp0715	534336	140459	pod odvzemom	21.7.2015	10.12.2014	17.3.2015	10.6.2015	10.9.2015	6.7.2015	6.7.2015	8.7.2015
Suhodolnica	Herman	SdHe0715	503017	146529	pod vrnitvijo in pred odvzemom	21.7.2015	10.12.2014	17.3.2015	10.6.2015	10.9.2015	6.7.2015	6.7.2015	7.7.2015
Suhodolnica	Smrčun	SdSm0715	504986	146113	pod odvzemom	21.7.2015	10.12.2014	17.3.2015	10.6.2015	10.9.2015	6.7.2015	6.7.2015	7.7.2015



6.1 Hidromorfološki elementi kakovosti

Za ovrednotenje hidromorfoloških elementov kakovosti pri vrednotenju ekološkega stanja vodotokov smo uporabili sistem SIHM (Uradni list RS, 2009; Urbanič in sod., 2013). Pri ovrednotenju hidromorfoloških elementov kakovosti za popisni odsek smo se držali naslednjih korakov:

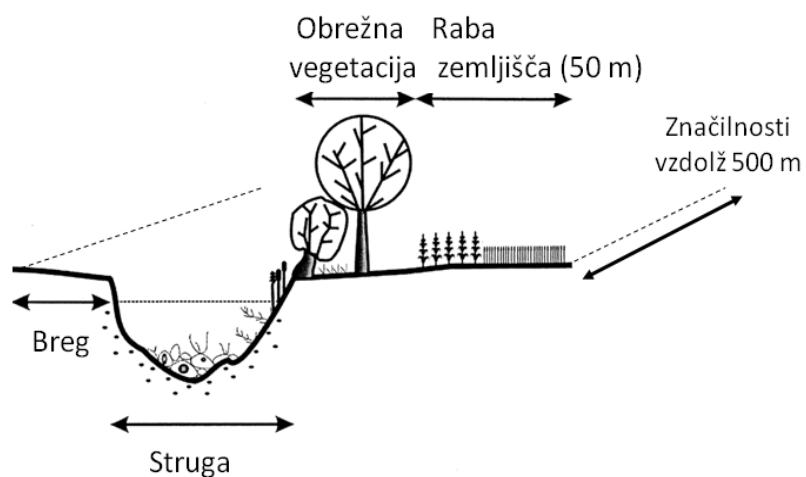
- pridobili smo podatke o morfoloških lastnostih in spremembah popisnega odseka z uporabo nadgrajenega popisnega lista RHS na terenu ter z uporabo podatkovnih baz, na podlagi teh smo izračunali morfološke spremenljivke ter morfološka indeksa: indeks kakovosti rečnih habitatov (RHQ) in indeks spremenjenosti rečnih habitatov (RHM),
- pridobili smo podatke o pregradah in zaježitvah na glavni strugi ter pritokih nad in pod popisnim odsekom ter izračunali indeks hidrološke spremenjenosti (HLM),
- izračunali smo indeks hidromorfološke kakovosti in spremenjenosti (HQM) ter uvrstili popisni odsek v razred hidromorfološke spremenjenosti.

6.1.1 Metode

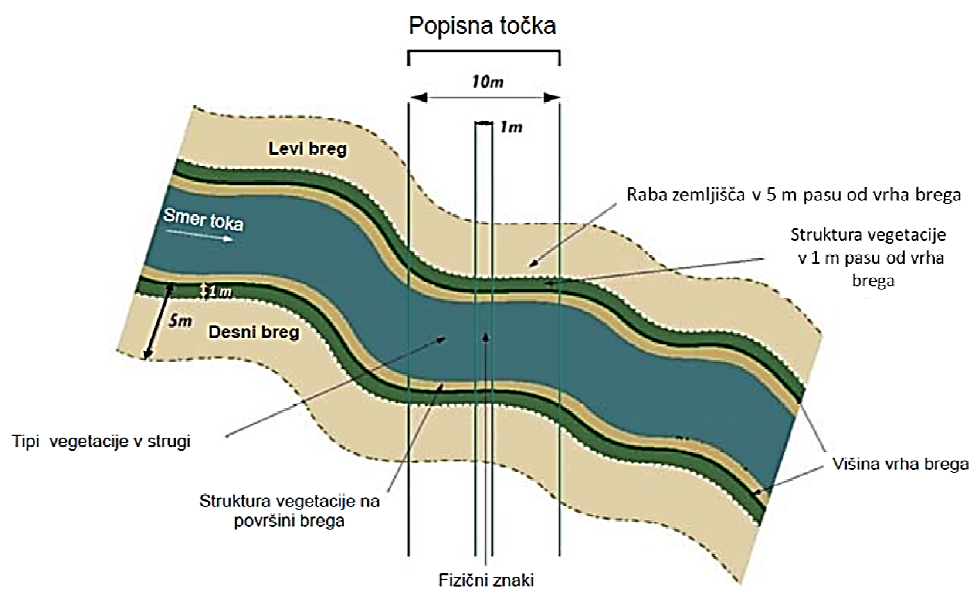
Morfološke razmere

Osnova popisa in ovrednotenja morfoloških razmer po sistemu SIHM je angleški sistem rečnih habitatov (River Habitat Survey – RHS), ki je sistem za popisovanje in ocenjevanje značilnosti in kakovosti rečnih habitatov na podlagi poznavanja fizičnih lastnosti struge, obrežnih delov in ožjega prispevnega območja (Slika 74).

Z uporabo nadgrajenega popisnega lista RHS smo popisali morfološke lastnosti vzdolž 500 m struge (popisni odsek), kjer smo določili deset popisnih točk, med seboj oddaljenih 50 m. Na vsaki popisni točki smo pravokotno na strugo izbrali transekt (Slika 75), kjer smo popisali prevladujoči material brega, lastnosti, ki prispevajo k razgibanosti obrežnih habitatov (klif, prodišča), ter možne spremembe v oblikovanosti brežin (preoblikovanost bregov, utrditev, nasip itd.). Podobno smo popisali tudi strugo, vključujoč prevladujoči tip toka. Na vseh desetih transektih smo popisali tudi vegetacijo struge in bregov, in sicer v strugi tip vodne vegetacije (potopljeni makrofiti, alge, emergentni makrofiti itd.), na bregovih pa kompleksnost obrežne vegetacije (uniformna, preprosta, kompleksna) ter rabo zemljišča v petmetrskem pasu od vrha brega. Poleg morfoloških lastnosti na popisnih točkah smo opravili še celovit pregled 500 m odseka. V okviru zbirnih podatkov vzdolž celotnih 500 m popisa smo poleg lastnosti struge in bregov zabeležili tudi rabo zemljišča v petdesetmetrskem pasu od vrha brega, profile bregov, posebne značilnosti na bregu in v strugi in drugo.



Slika . Območja vrednotenja morfoloških lastnosti reke



Slika . Del popisnega odseka za RHS

Na vsakem popisnem odseku smo tako popisali 33 lastnosti, sprememb ali značilnosti (Preglednica 24): 22 lastnosti kakovosti habitata (RHQ) in 11 lastnosti spremenjenosti habitata (RHM).



Preglednica . Skupine spremenljivk in spremenljivke za vrednotenje morfoloških značilnosti delov popisnega odseka

Skupine spremenljivk	Spremenljivke
Lastnosti bregov (RHQ)	Naravni material brega Značilnosti brega Struktura vegetacije vrha brega Struktura vegetacije površine brega Naravni profili bregov Izpostavljene velike korenine ob bregu Podvodne drevesne korenine Padla drevesa
Spremembe bregov (RHM)	Umetni material brega Spremembe brega Umetni profili bregov
Lastnosti struge (RHQ)	Naravni substrat struge Tipi tokov na popisnih točkah Tipi tokov vzdolž 500 m Značilnosti struge Tipi vegetacije v strugi Grobe lesene naplavine Zamašenost struge z vegetacijo
Spremembe struge (RHM)	Umetni substrat struge Spremembe struge Jezovi Mostovi Pregazi Jezbice Izravnavna struge Zastoj vode zaradi jezu
Lastnosti obrežnega predela (RHQ)	Raba zemljišča v 5 m pasu Sklenjenost krošenj Osenčenje struge Nad vodo viseče veje
Lastnosti zemljišča v 50 m pasu (RHQ)	Raba zemljišča v 50 m pasu
Značilnosti vzdolž 500 m (RHM)	Značilnosti vzdolž 500 m Pomembne značilnosti vzdolž 500 m



V okviru razvoja sistema SIHM se je posameznim kategorijam lastnosti RHQ in RHM dodelilo uteži glede na njihov vpliv na združbe bentoških nevretenčarjev (Tavzes in Urbanič, 2009; Urbanič in sod., 2013). Višje vrednosti lastnosti RHQ so znak večje habitatske pestrosti popisnega odseka, medtem ko so višje vrednosti lastnosti RHM znak večjih sprememb habitatskih lastnosti popisnega odseka. Na podlagi teh vrednosti smo izračunali vrednosti 33 spremenljivk, le-te združili v 7 skupin spremenljivk (Urbanič in sod., 2013; Preglednica 24) ter izračunali indeks kakovosti rečnih habitatov (RHQ) in indeks spremenjenosti rečnih habitatov (RHM).

Indeks za vrednotenje kakovosti rečnih habitatov (RHQ) smo izračunali po enačbi (1):

$$RHQ = Sc_{bf} + Sc_{cf} + Sc_{rf} + Sc_{lu} + Sc_f \quad (1)$$

kjer je:

RHQ - Indeks kakovosti rečnih habitatov

Sc_{bf} – vrednost lastnosti bregov

Sc_{cf} – vrednost lastnosti struge

Sc_{rf} – vrednost lastnosti obrežnih predelov

Sc_{lu} – vrednost lastnosti zemljišča v 50 m pasu

Sc_f – vrednost značilnosti vzdolž 500 m

Indeks spremenjenosti habitatov (RHM) smo izračunali po enačbi (2):

$$RHM = Sc_{bmo} + Sc_{cmo} \quad (2)$$

kjer je:

RHM - Indeks spremenjenosti rečnih habitatov

Sc_{bmo} – vrednost sprememb bregov

Sc_{cmo} – vrednost sprememb struge

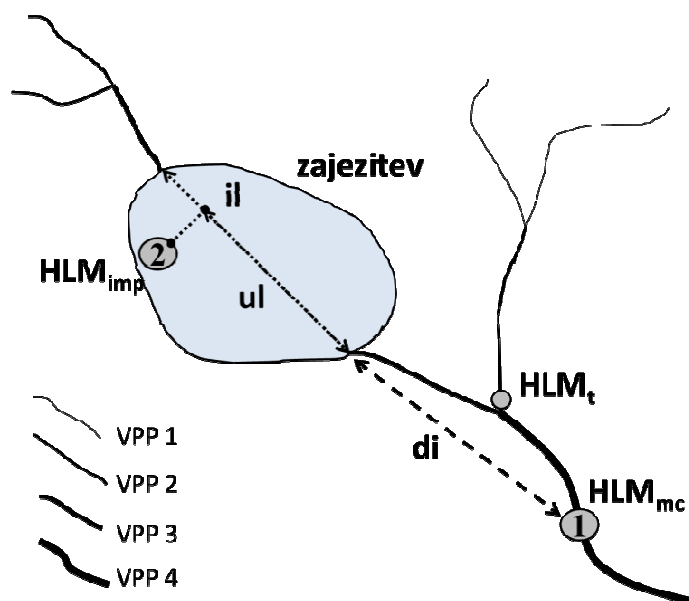


Kontinuiteta toka

Za vpliv pregrad nad in pod popisnim odsekom je bil razvit indeks hidrološke spremenjenosti (HLM), ki upošteva zadrževalni čas in upočasnitev rečnega toka kot posledico pregrade, oddaljenost od pregrade ter vpliv pritokov nad popisnim odsekom.

Za vse obravnavane odseke smo upoštevali pregrade nad vzorčnim mestom (slika 76, 1) in za izračun indeksa HLM pridobili naslednje podatke:

- 1) velikostni razred reke na popisnem odseku,
- 2) koordinate in pregrade na glavni strugi nad popisnim odsekom ter oddaljenost popisnega odseka od pregrad,
- 3) število in velikostni razred pritokov nad popisnim odsekom,
- 4) koordinate in pregrade na pritokih nad popisnim odsekom ter oddaljenost popisnega odseka od pregrad.



Slika . Shematski prikaz potrebnih podatkov za izračun indeksa hidrološke spremenjenosti (HLM) na odseku pod pregrado (1) in odseku znotraj zaježitve (2). di - oddaljenost od pregrade, il - dolžina zaježitve, ul - oddaljenost gorvodno od pregrade; VPP – velikostni razred prispevnega območja; mc – glavna struga, t – pritok, imp – zaježitev.

Za vse pregrade smo ovrednotili velikostni razred zaježitve, glede na spremembo, ki jo pregrada povzroči (Preglednica 25).



Preglednica . Opis treh velikostnih razredov zaježitve z zgornjo in spodnjo mejo (ub, lb) indeksa hidrološke spremenjenosti (HLM)

Velikostni razred zaježitve	Opis	HLM začetnega dela zaježitve ("lotični del") - ub	HLM zaježitve ob pregradi ("lentični del") - lb
Velika	Jezerom podobne zaježitve; zadrževalni čas večinoma daljši kot 1 dan, dolžina zaježitve se določi glede na velikosti prispevnega območja (Preglednica 26).	0,20	0,00
Srednja	Ribnikom podobne zaježitve; za pregradami s stalnim prelivom (nizka), z omejenim zadrževalnim časom (< 1 dan).	0,60	0,50
Mala	Tolmunom podobne zaježitve; za prelive (nizki), z zelo kratkim zadrževalnim časom	0,80	0,75

Preglednica . Dolžina zaježitev v velikostnem razredu »velika« glede na velikostni razred vodotoka.

Velikostni razred vodotoka	Dolžina zaježitve
<10 km ²	0,1
10-100 km ²	0,5
>100-1000 km ²	1
>1000-2500 km ²	1,5
>2500 km ² prispevne površine ali sQs >50m ³ /s (velika reka)	2

Vrednost indeksa HLM smo izračunali po enačbi (3).

$$HLM_{(mc,t)} = lb + k * \frac{di - lbd}{ubd - lbd} \quad (3)$$

kjer je:

HLM_(mc,t) - Indeks hidrološke spremenjenosti glavne struge (mc) ali pritoka (t)

lb – spodnja meja vrednosti velikostnega razreda zaježitve glede na velikostni razred oddaljenosti od pregrade (preglednica 27)

k – koeficient velikosti (preglednica 27)

di – oddaljenost od pregrade

ubd – zgornja meja razreda oddaljenosti od pregrade

lbd – spodnja meja razreda oddaljenosti od pregrade



Preglednica . Sistem razvrščanja indeksa hidrološke spremenjenosti (HLM) za tri velikostne razrede zaježitve s spodnjo in zgornjo mejo razpona HLM (lb, ub) glede na velikostni razred oddaljenosti od pregrade

Velikostni razred oddaljenosti od pregrade	Velikostni razred zaježitve	Velika k=0,2		Srednja k=0,1		Mala k=0,05	
	Oddaljenost od pregrade (km) (lbd - ubd)	HLM razpon (lb - ub)	HLM razred	HLM razpon (lb - ub)	HLM razred	HLM razpon (lb - ub)	HLM razred
1	0-0,1	0,00-0,20	5	0,50-0,60	3	0,75-0,80	2
2	0,1-1	0,20-0,40	4	0,60-0,70	2	0,80-0,85	1
3	1,0-5,0	0,40-0,60	3	0,70-0,80	2	0,85-0,90	1
4	5,0-10,0	0,60-0,80	2	0,80-0,90	1	0,90-0,95	1
5	10,0-50,0 in več	0,80-1,00	1	0,90-1,00	1	0,95-1,00	1

Pri končnem izračunu HLM smo upoštevali vrednost indeksa HLM glavne struge in vrednosti indeksa HLM pritokov. Končno vrednost indeksa HLM smo izračunali po enačbi (4):

$$HLM = \frac{1000 * HLM_{mc} + 1000 * \sum_{i=1}^n HLM_{t_i} + 100 * \sum_{i=1}^m HLM_{t_{i1}} + 10 * \sum_{i=1}^l HLM_{t_{i2}} + \sum_{i=1}^k HLM_{t_{i3}}}{1000 + n * 1000 + m * 100 + l * 10 + k} \quad (4)$$

kjer je:

HLM – indeks hidrološke spremenjenosti

HLM_{mc} – vrednost hidrološke spremenjenosti glavne struge, na kateri je popisni odsek

HLM_t – vrednost hidrološke spremenjenosti pritoka, katerega prispevno območje je na sotočju z reko enako

HLM_{t1} – vrednost hidrološke spremenjenosti pritoka, katerega prispevno območje je na sotočju z reko za 1 razred manjše

HLM_{t2} – vrednost hidrološke spremenjenosti pritoka, katerega prispevno območje je na sotočju z reko za 2 razreda manjše

HLM_{t3} – vrednost hidrološke spremenjenosti pritoka, katerega prispevno območje je na sotočju z reko za 3 razrede manjše

n, m, l, k – število pritokov istega razreda prispevnega območja



Hidromorfološki elementi kakovosti

Na podlagi indeksov RHQ, RHM in HLM smo izračunali indeks hidromorfološke kakovosti in spremenjenosti (HQM). Pred izračunom indeksa HQM smo vrednosti indeksov RHQ in RHM pretvorili na razpon 0 – 1 glede na vrednosti izhodiščnih hidromorfoloških razmer, ki so značilne za ekološki tip vodotoka.

Indeks hidromorfološke kakovosti in spremenjenosti (HQM) smo izračunali po enačbi (5):

$$HQM = w * \frac{(nRHM + nRHQ)}{2} + (1 - w) * HLM \quad (5)$$

kjer je:

HQM – Indeks hidromorfološke kakovosti in spremenjenosti

nRHQ - normalizirana vrednost Indeksa kakovosti rečnih habitatov (RHQ)

nRHM – normalizirana vrednost Indeksa spremenjenosti rečnih habitatov (RHM)

HLM – Indeks hidrološke spremenjenosti

w – utež morfološkega dela indeksa

(1-w) – utež hidrološkega dela indeksa

Uteži za izračun indeksa HQM so opredeljene glede na razliko razredov med morfološkim ((nRHQ + nRHM)/2) in hidrološkim (HLM) delom indeksa HQM (Preglednica 28). Hidrološki oz. morfološki del indeksa HQM smo uvrstili v razred na podlagi mej razredov, ki so enake kot pri oddaljenosti od pregrade velikostnega razreda zajezitve »velika« (Preglednica 28).

Preglednica . Izračun uteži za morfološki (w) in hidrološki del (1-w) indeksa hidromorfološke kakovosti in spremenjenosti (HQM) glede na razliko razredov med morfološkim delom (M) in hidrološkim delom (H).

Razlika razredov (M razred - H razred)	Utež morfološkega dela (w)	Utež hidrološkega dela (1-w)
-4	0,1	0,9
-3	0,2	0,8
-2	0,3	0,7
-1	0,4	0,6
0	0,5	0,5
1	0,6	0,4
2	0,7	0,3
3	0,8	0,2
4	0,9	0,1



6.1.2 Vrednosti hidromorfoloških lastnosti

Rezultati vrednosti hidromorfoloških lastnosti posameznega popisnega odseka so predstavljeni v preglednicah 29 – 33.

Preglednica . Morfološke lastnosti popisnih odsekov vzorčnih mest na vodotoku Mostnica

Vodotok	Mostnica	Mostnica
Kraj	Stara Fužina	Obla gorica
Koda VM	MtSF	MtOG
Y	414995	414505
X	128004	128842
Datum popisa	20.7.2015	20.7.2015
Sistem SIHM - morfološke lastnosti		
Naravni material brega	35,00	41,00
Značilnosti brega	4,50	5,75
Naravni substrat struge	41,00	50,50
Tipi tokov na popisnih točkah	38,50	43,50
Značilnosti struge	12,50	15,50
Raba zemljišča v 5 m pasu	66,00	71,75
Struktura vegetacije vrha brega	24,00	22,50
Struktura vegetacije površine brega	20,50	16,50
Tipi vegetacije v strugi	26,75	29,50
Raba zemljišča v 50 m pasu	6,67	6,00
Naravni profili bregov	1,88	1,50
Sklenjenost krošenj	4,50	4,50
Osenčenje struge	2,00	2,00
Nad vodo viseče veje	2,00	1,00
Izpostavljene velike korenine ob bregu	1,00	1,00
Podvodne drevesne korenine	1,00	0,00
Padla drevesa	1,00	1,00
Grobe lesene naplavine	1,00	2,00
Tipi tokov vzdolž 500 m	8,00	12,00
Značilnosti vzdolž 500 m	7,00	10,00
Pomembne značilnosti vzdolž 500 m	6,00	8,00
Zamašenost struge z vegetacijo	0,00	0,00
Umetni material brega	1,00	0,00
Spremembe brega	4,00	0,00
Umetni substrat struge	0,00	0,00
Spremembe struge	0,00	0,00
Umetni profili bregov	2,06	0,00
Jezovi	2,00	0,00
Mostovi	0,00	0,00
Pregazi	0,00	0,00
Jezbice	0,00	0,00
Izravnava struge	0,00	0,00
Zastoj vode zaradi jezu	1,00	0,00



Preglednica . Morfološke lastnosti popisnih odsekov vzorčnih mest na vodotoku Oplotnica

Vodotok	Oplotnica	Oplotnica
Kraj	Oplotnica	Cezlak
Koda VM	OpOp	OpCe
Y	534336	533597
X	140459	142180
Datum popisa	21.7.2015	21.7.2015
Sistem SIHM - morfološke lastnosti		
Naravni material brega	40,50	38,00
Značilnosti brega	9,00	9,25
Naravni substrat struge	43,00	39,00
Tipi tokov na popisnih točkah	46,50	48,00
Značilnosti struge	7,00	5,00
Raba zemljišča v 5 m pasu	80,00	77,25
Struktura vegetacije vrha brega	27,00	25,00
Struktura vegetacije površine brega	19,00	15,00
Tipi vegetacije v strugi	30,00	21,00
Raba zemljišča v 50 m pasu	8,00	8,00
Naravni profili bregov	1,22	1,43
Sklenjenost krošenj	5,00	5,00
Osenčenje struge	2,00	2,00
Nad vodo viseče veje	2,00	2,00
Izpostavljene velike korenine ob bregu	1,00	1,00
Podvodne drevesne korenine	0,00	0,00
Padla drevesa	1,00	1,00
Grobe lesene naplavine	2,00	2,00
Tipi tokov vzdolž 500 m	10,00	9,00
Značilnosti vzdolž 500 m	6,00	5,00
Pomembne značilnosti vzdolž 500 m	9,00	10,00
Zamašenost struge z vegetacijo	0,00	0,00
Umetni material brega	0,00	0,00
Spremembe brega	0,00	0,00
Umetni substrat struge	0,00	0,00
Spremembe struge	0,00	0,00
Umetni profili bregov	0,00	0,00
Jezovi	0,00	0,00
Mostovi	1,00	0,00
Pregazi	0,00	0,00
Jezbice	0,00	0,00
Izravnavna struge	0,00	0,00
Zastoj vode zaradi jezu	0,00	0,00



Preglednica . Morfološke lastnosti popisnih odsekov vzorčnih mest na vodotoku Suhodolnica

Vodotok	Suhodolnica	Suhodolnica
Kraj	Smrčun	Herman
Koda VM	SdSm	SdHe
Y	504986	503017
X	146113	146529
Datum popisa	21.7.2015	21.7.2015
Sistem SIHM - morfološke lastnosti		
Naravni material brega	13,00	26,50
Značilnosti brega	4,25	0,00
Naravni substrat struge	33,50	44,00
Tipi tokov na popisnih točkah	36,00	47,00
Značilnosti struge	1,00	7,00
Raba zemljišča v 5 m pasu	57,25	58,50
Struktura vegetacije vrha brega	18,50	19,50
Struktura vegetacije površine brega	19,50	22,00
Tipi vegetacije v strugi	18,25	25,25
Raba zemljišča v 50 m pasu	3,70	4,50
Naravni profili bregov	1,25	1,44
Sklenjenost krošenj	4,00	4,00
Osenčenje struge	2,00	2,00
Nad vodo viseče veje	1,00	1,00
Izpostavljene velike korenine ob bregu	1,00	1,00
Podvodne drevesne korenine	0,00	0,00
Padla drevesa	1,00	0,00
Grobe lesene naplavine	1,00	0,00
Tipi tokov vzdolž 500 m	4,00	5,00
Značilnosti vzdolž 500 m	4,00	5,00
Pomembne značilnosti vzdolž 500 m	2,00	3,00
Zamašenost struge z vegetacijo	0,00	0,00
Umetni material brega	7,00	5,50
Spremembe brega	14,00	8,00
Umetni substrat struge	0,00	0,00
Spremembe struge	0,00	0,00
Umetni profili bregov	3,00	1,75
Jezovi	3,00	0,00
Mostovi	0,00	1,00
Pregazi	0,00	0,00
Jezbice	0,00	0,00
Izravnavna struge	0,00	0,00
Zastoj vode zaradi jezu	1,00	0,00



Preglednica . Morfološke lastnosti popisnih odsekov vzorčnih mest na vodotoku Cerknica

Vodotok	Cerknica	Cerknica
Kraj	Magajne	Franja
Koda VM	CkMa	CkFr
Y	422911	425419
X	110348	111768
Datum popisa	23.7.2015	23.7.2015
Sistem SIHM - morfološke lastnosti		
Naravni material brega	19,00	28,00
Značilnosti brega	5,75	14,75
Naravni substrat struge	39,50	37,50
Tipi tokov na popisnih točkah	43,00	32,00
Značilnosti struge	5,00	7,50
Raba zemljišča v 5 m pasu	46,00	66,75
Struktura vegetacije vrha brega	16,50	23,50
Struktura vegetacije površine brega	24,50	27,00
Tipi vegetacije v strugi	20,25	20,25
Raba zemljišča v 50 m pasu	4,50	3,63
Naravni profili bregov	1,00	1,90
Sklenjenost krošenj	4,00	4,00
Osenčenje struge	2,00	2,00
Nad vodo viseče veje	1,00	2,00
Izpostavljene velike korenine ob bregu	1,00	2,00
Podvodne drevesne korenine	0,00	1,00
Padla drevesa	1,00	1,00
Grobe lesene naplavine	1,00	1,00
Tipi tokov vzdolž 500 m	6,00	7,00
Značilnosti vzdolž 500 m	9,00	11,00
Pomembne značilnosti vzdolž 500 m	5,00	5,00
Zamašenost struge z vegetacijo	0,00	0,00
Umetni material brega	16,00	1,00
Spremembe brega	19,50	2,00
Umetni substrat struge	0,00	0,00
Spremembe struge	0,00	0,00
Umetni profili bregov	2,56	2,50
Jezovi	1,00	0,00
Mostovi	1,00	0,00
Pregazi	0,00	0,00
Jezbice	0,00	0,00
Izravnavna struge	0,00	0,00
Zastoj vode zaradi jezu	0,00	0,00



Preglednica . Morfološke lastnosti popisnih odsekov vzorčnih mest na vodotoku Kneža

Vodotok	Kneža	Kneža
Kraj	Loje	Polica
Koda VM	KnLo	KnPo
Y	411086	410224
X	116220	114760
Datum popisa	23.7.2015	23.7.2015
Sistem SIHM - morfološke lastnosti		
Naravni material brega	36,00	29,00
Značilnosti brega	17,00	14,25
Naravni substrat struge	38,00	26,50
Tipi tokov na popisnih točkah	47,50	45,00
Značilnosti struge	6,00	10,00
Raba zemljišča v 5 m pasu	77,50	65,50
Struktura vegetacije vrha brega	29,50	21,50
Struktura vegetacije površine brega	22,00	18,50
Tipi vegetacije v strugi	6,00	10,50
Raba zemljišča v 50 m pasu	8,00	6,17
Naravni profili bregov	1,21	1,20
Sklenjenost krošenj	5,00	4,50
Osenčenje struge	2,00	1,00
Nad vodo viseče veje	1,00	1,00
Izpostavljene velike korenine ob bregu	1,00	1,00
Podvodne drevesne korenine	0,00	0,00
Padla drevesa	2,00	1,00
Grobe lesene naplavine	1,00	1,00
Tipi tokov vzdolž 500 m	8,00	6,00
Značilnosti vzdolž 500 m	8,00	7,00
Pomembne značilnosti vzdolž 500 m	7,00	5,00
Zamašenost struge z vegetacijo	0,00	0,00
Umetni material brega	0,00	6,75
Spremembe brega	0,00	8,00
Umetni substrat struge	0,00	0,00
Spremembe struge	0,00	0,00
Umetni profili bregov	0,00	5,00
Jezovi	0,00	0,00
Mostovi	0,00	0,00
Pregazi	0,00	0,00
Jezbice	0,00	0,00
Izravnavna struge	0,00	0,00
Zastoj vode zaradi jezu	0,00	0,00



Za morfološke lastnosti popisnih odsekov smo izračunali tudi vsoto, minimum, maksimum in mediano (Preglednica 34).

Preglednica . Vsota, minimum, maksimum in mediana izračunanih vrednosti popisanih lastnosti po sistemu SIHM za vse popisane odseke

Sistem SIHM - morfološke lastnosti	Vsota	Minimum	Maksimum	Mediana
Naravni material brega	306,00	13,00	41,00	32,00
Značilnosti brega	84,50	0,00	17,00	7,38
Naravni substrat struge	392,50	26,50	50,50	39,25
Tipi tokov na popisnih točkah	427,00	32,00	48,00	44,25
Značilnosti struge	76,50	1,00	15,50	7,00
Raba zemljišča v 5 m pasu	666,50	46,00	80,00	66,38
Struktura vegetacije vrha brega	227,50	16,50	29,50	23,00
Struktura vegetacije površine brega	204,50	15,00	27,00	20,00
Tipi vegetacije v strugi	207,75	6,00	30,00	20,63
Raba zemljišča v 50 m pasu	59,16	3,63	8,00	6,08
Naravni profili bregov	14,02	1,00	1,90	1,34
Sklenjenost krošenj	44,50	4,00	5,00	4,50
Osenčenje struge	19,00	1,00	2,00	2,00
Nad vodo viseče veje	14,00	1,00	2,00	1,00
Izpostavljene velike korenine ob bregu	11,00	1,00	2,00	1,00
Podvodne drevesne korenine	2,00	0,00	1,00	0,00
Padla drevesa	10,00	0,00	2,00	1,00
Grobe lesene naplavine	12,00	0,00	2,00	1,00
Tipi tokov vzdolž 500 m	75,00	4,00	12,00	7,50
Značilnosti vzdolž 500 m	72,00	4,00	11,00	7,00
Pomembne značilnosti vzdolž 500 m	60,00	2,00	10,00	5,50
Zamašenost struge z vegetacijo	0,00	0,00	0,00	0,00
Umetni material brega	37,25	0,00	16,00	1,00
Spremembe brega	55,50	0,00	19,50	3,00
Umetni substrat struge	0,00	0,00	0,00	0,00
Spremembe struge	0,00	0,00	0,00	0,00
Umetni profili bregov	16,88	0,00	5,00	1,91
Jezovi	6,00	0,00	3,00	0,00
Mostovi	3,00	0,00	1,00	0,00
Pregazi	0,00	0,00	0,00	0,00
Jezbice	0,00	0,00	0,00	0,00
Izravnavna struge	0,00	0,00	0,00	0,00
Zastoj vode zaradi jezu	2,00	0,00	1,00	0,00



Iz zbranih podatkov o morfoloških lastnostih popisnih odsekov ter podatkov o oddaljenosti pregrad in velikostnem razredu zaježitve smo izračunali indekse, ki odražajo hidromorfološke značilnosti oz. hidromorfološko spremenjenost popisnih odsekov rek po sistemu SIHM (Preglednica 35).

Preglednica . Pregled vrednosti izračunanih hidromorfoloških indeksov ter ekoloških tipov rek za popisane odseke (nor – normalizirana vrednost indeksa)

Št. VM	Reka	Kraj	Datum	Ekološki tip	RHQ	RHM	RHQnor	RHMnor	HLM	HQM
1	Mostnica	Stara Fužina	20.7.2015	R_SI_4_KB-AL-D_1_KI	310,79	10,06	0,88	0,90	0,83	0,86
2	Mostnica	Obla gorica	20.7.2015	R_SI_4_KB-AL-D_1_KI	345,50	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	Oplotnica	Oplotnica	21.7.2015	R_SI_4_SI-AL_1	349,22	1,00	1,00	0,99	0,75	0,85
4	Oplotnica	Cezlak	21.7.2015	R_SI_4_SI-AL_1_>700	323,93	0,00	1,00	1,00	0,88	0,94
5	Suhodolnica	Smrčun	21.7.2015	R_SI_4_PA-hrib-D_1	226,20	28,00	0,67	0,72	0,81	0,74
6	Suhodolnica	Herman	21.7.2015	R_SI_4_PA-hrib-D_1	276,69	16,25	1,00	0,84	1,00	0,96
7	Cerknica	Magajne	23.7.2015	R_SI_4_PA-hrib-J_1	255,00	40,06	0,72	0,60	0,90	0,75
8	Cerknica	Franja	23.7.2015	R_SI_4_PA-hrib-J_1	298,78	5,50	0,96	0,95	0,90	0,93
9	Kneža	Loje	23.7.2015	R_SI_4_KB-AL-J_1	323,71	0,00	1,00	1,00	0,85	0,93
10	Kneža	Polica	23.7.2015	R_SI_4_KB-AL-J_1	275,62	19,75	0,83	0,80	0,89	0,85



6.2 Splošni fizikalno-kemijski elementi kakovosti

Vrednosti fizikalno-kemijskih parametrov se v tekočih vodah lahko pomembno spremenijo pod vplivom pritokov, vtokov odpadnih voda, vtokov vode iz čistilnih naprav, zaradi pregrad ali ob spremembi hidroloških razmer zaradi vremenskih pojavov. Za ovrednotenje ekološkega stanja je v Vodni direktivi določenih pet splošnih fizikalno-kemijskih elementov kakovosti: toplotne razmere, kisikove razmere, slanost, zakisanost in stanje hranil. V Sloveniji so bili izbrani relevantni splošni fizikalno-kemijski parametri za vrednotenje ekološkega stanja rek, ki v skladu z Vodno direktivo odražajo pet splošnih fizikalno-kemijskih elementov kakovosti (Urbanič in sod., 2013).

6.2.1 Metode

Na desetih vzorčnih mestih smo v vsaki od štirih sezon (jesen, zima, pomlad in poletje) opravili terenske meritve in laboratorijske analize splošnih fizikalno-kemijskih parametrov.

Meritve in odvzem vzorcev vode smo izvedli ob nizkih do srednjih vodostajih. Pri posameznem vzorčenju smo z merilnimi sondami iz Eutech in WTW 3430 set F multiseta izmerili splošne fizikalno-kemijske parametre:

- temperaturo vode,
- koncentracijo v vodi raztopljenega kisika,
- nasičenost vode s kisikom,
- električno prevodnost in
- pH.

Na terenu smo odvzeli vzorce vode za laboratorijske analize in jih v najkrajšem času transportirali v laboratorij, kjer smo določili vsebnost skupnih suspendiranih snovi in biokemijsko potrebo po kisiku v petih dneh (BPK₅). Koncentracije skupnega organskega ogljika, alkaliteto in koncentracije hranil (skupni fosfor, ortofosfat, skupni dušik, nitrat, nitrit in amonij) smo določili s standardiziranimi analitskimi metodami s pomočjo Spektrofotometra Hach Lange 2800 in termobloka Hach Lange LT200. Vzorce vode smo analizirali v skladu s standardi, ki so predpisani s Pravilnikom o monitoringu stanja površinskih voda (UL RS št. 10, 2009) in Uredbo o stanju površinskih voda (UL RS št. 14, 2009). Na vsakem vzorčnem mestu smo izmerili vrednosti 18 parametrov. Merjeni parametri in analitske metode so predstavljeni v preglednici 36. Pridobljene podatke smo uredili v bazo podatkov za nadaljnjo obdelavo. Prikaze podatkov smo pripravili s pomočjo programa IBM SPSS Statistics 21.



Preglednica . Merjeni fizikalno-kemijski parametri in uporabljene analitske metode. SFM – spektrofotometrija. LOD – spodnja meja zaznavnosti.

Parameter	Okrajšava	Enota	Metoda	Referenčni standard	Koncentracijsko območje	LOD metode	Merilni princip
Biokem. potreba po kisiku v petih dneh	BPK ₅	mg O ₂ /l	WTW OxiTop	DIN EN 1899-1 and EN 1899-2	0-40		
Kemijska potreba po kisiku	KPK	mg O ₂ /l	Hach Lange, LCK 414	ISO 8466-1 and DIN 38402 A51	5-60	5	SFM
Skupni fosfor (PO ₄ -P)	TP(PO ₄ -P)	mg PO ₄ -P/l	Hach Lange, LCK 349	ISO 8466-1 and DIN 38402 A51	0,05-1,50	0,05	SFM
Celotni fosfor (PO ₄)	TP(PO ₄)	mg PO ₄ ³⁻ /l	Hach Lange, LCK 349		0,15-4,50	0,15	SFM
Ortofosfat	PO ₄ ³⁻	mg PO ₄ ³⁻ /l	Hach Lange, LCK 349		0,02-2,50	0,02	SFM
Skupni dušik	TN	mg N/l	Hach Lange, LCK 138	ISO 8466-1 and DIN 38402 A51	1-16	1	SFM
Amonijev dušik	NH ₄ -N	mg NH ₄ -N/l	Hach Lange, LCK 304		0,015-2,000	0,015	SFM
Amonij	NH ₄	mg NH ₄ ⁺ /l	Hach Lange, LCK 304	ISO 8466-1 and DIN 38402 A51	0,02-2,50	0,02	SFM
Nitratni dušik	NO ₃ -N	mg NO ₃ ⁻ -N/l	Hach Lange, LCK 339		0,23-13,50	0,23	SFM
Nitrat	NO ₃ ⁻	mg NO ₃ ⁻ /l	Hach Lange, LCK 339	ISO 8466-1 and DIN 38402 A51	1-60	1	SFM
Suspendirane snovi	Susp	mg/l	filtracija vzorca vode				tehtanje
m-alkaliteteta	m-alk	mmol/l	Hach Lange, LCK 362		0,5-8,0	0,5	SFM
Trdota vode	dH	°dH	Hach Lange, LCK 327	ISO 8466-1 and DIN 38402 A51	1-20	1	SFM
Kalcij	Ca ²⁺	mg Ca ²⁺ /l	Hach Lange, LCK 327		5-100	5	SFM
Magnezij	Mg ²⁺	mg Mg ²⁺ /l	Hach Lange, LCK 327		3-50	3	SFM
Klorid	Cl ⁻	mg Cl ⁻ /l	Hach Lange, LCK 311	ISO 8466-1 and DIN 38402 A51	1-70	1	SFM

Se nadaljuje

Preglednica 36. nadaljevanje



Parameter	Okrajšava	Enota	Metoda	Referenčni standard	Koncentracijsko območje	LOD metode	Merilni princip
Nitritni dušik	NO ₂ -N	mg NO ₂ ⁻ N/l	Hach Lange, LCK 541		0,002-0,030	0,002	SFM
Nitrit	NO ₂	mg NO ₂ ⁻ /l	Hach Lange, LCK 541	ISO 8466-1 and DIN 38402 A51	0,005-0,100	0,005	SFM
Sulfat	SO ₄ ²⁻	mg SO ₄ ²⁻ /l	Metoda 8051; SulfaVer 4 Powder Pillows	US EPA method 375.4 for wastewater	2-70	2	SFM
Skupni ogljik	TC	mg C/l	Hach Lange, LCK 380		12-75	12	SFM
Skupni anorg. ogljik	TIC	mg C/l	Hach Lange, LCK 380		10-73	10	SFM
Skupni org. ogljik	TOC	mg C/l	Hach Lange, LCK 380		2-65	2	SFM



6.2.2 Vrednosti splošnih fizikalno-kemijskih parametrov

Vrednosti splošnih fizikalno-kemijskih parametrov vode (temperatura, pH in električna prevodnost, vsebnost kisika, nasičenost s kisikom), ki smo jih izmerili ob vzorčenju bioloških elementov kakovosti, smo predstavili v preglednici 37.

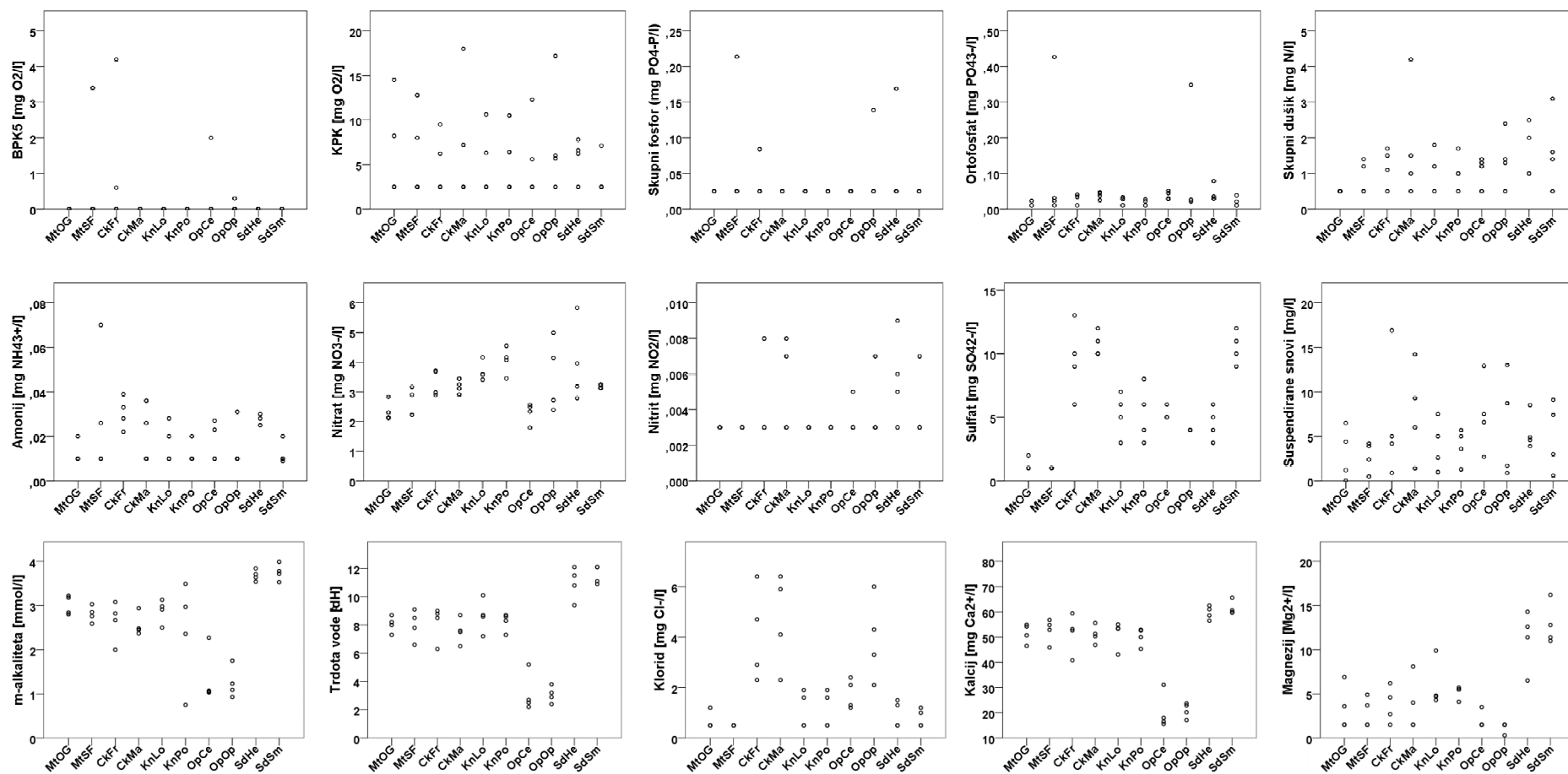
Preglednica . Vrednosti izbranih fizikalno-kemijskih parametrov vode, izmerjenih ob vzorčenju bioloških elementov. VM – vzorčno mesto, BN – bentoški nevretenčarji, FB – fitobentos. T – temperatura vode, O₂-n – nasičenost vode s kisikom, O₂-k – koncentracija v vodi raztopljenega kisika, Prev. – elektroprevodnost.

ZS	Vodotok	Kraj	Koda VM	Biološki element	Datum vzorčenja	pH	T (°C)	O ₂ -n (%)	O ₂ -k (mg/l)	Prev. (μS/cm)
1	Mostnica	Obla Gorica	MtOG	BN in FB	8.7.2015	8,5	9,7	104	11,1	268
				RIBE	15.7.2015	7,9	9,6	101	10,8	184
2	Mostnica	Stara Fužina	MtSF	BN in FB	8.7.2015	8,3	10,0	101	10,7	264
				RIBE	15.7.2015	8,1	10,6	100	10,4	192
3	Kneža	Loje	KnLo	BN	7.7.2015	7,9	16,0	99	9,5	267
				BN in FB	10.8.2015	8,0	16,6	99	9,4	282
				RIBE	10.7.2015	7,8	13,8	99	9,8	264
4	Kneža	Polica	KnPo	BN	7.7.2015	8,0	15,9	98	9,5	271
				BN in FB	10.8.2015	8,0	16,0	98	9,4	287
				RIBE	10.7.2015	7,9	15,8	98	9,5	270
5	Cerknica	Franja	CKFr	BN in FB	7.7.2015	8,1	16,2	97	9,0	326
				RIBE	13.7.2015	8,3	16,5	96	8,8	312
6	Cerknica	Magajne	CkMa	BN in FB	7.7.2015	8,1	16,8	99	9,2	290
				RIBE	13.7.2015	8,3	17,6	98	9,0	282
7	Oplotnica	Cezlak	OpCe	BN in FB	6.7.2015	7,6	16,4	100	9,1	124
				RIBE	8.7.2015	7,6	18,5	101	8,7	101
8	Oplotnica	Oplotnica	OpOp	BN in FB	6.7.2015	7,6	15,7	100	9,5	130
				RIBE	8.7.2015	7,7	18,6	95	8,1	88
9	Suhodolnica	Herman	SdHe	BN in FB	6.7.2015	8,4	11,7	103	10,5	325
				RIBE	7.7.2015	8,1	12,3	96	9,3	348
10	Suhodolnica	Smrčun	SdSm	BN in FB	6.7.2015	8,3	15,1	100	9,6	376
				RIBE	7.7.2015	8,2	18,2	95	8,4	368

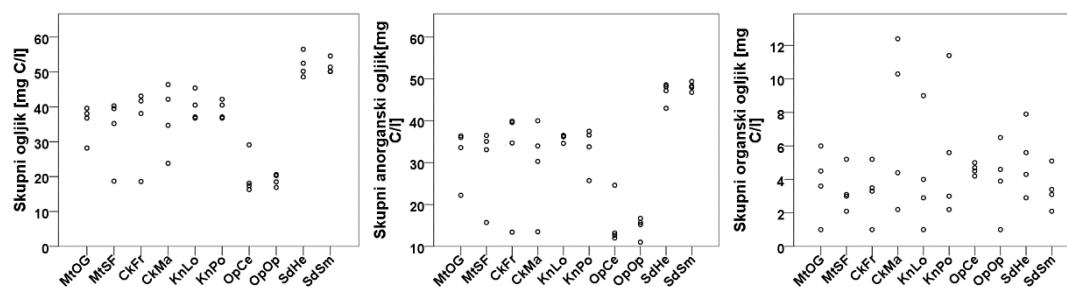


6.2.3 Rezultati fizikalno kemijskih analiz

Rezultati fizikalno kemijskih analiz vode na desetih vzorčnih mestih so prikazani na slikah 77 in 78, preglednici z izmerjenimi vrednostmi sta v prilogi E.



Slika . Izmerjene vrednosti petnajstih fizikalno-kemijskih parametrov na desetih vzorčnih mestih. Za razlago kode mesta in datume vzorčenj glej preglednico 23.



Slika . Izmerjene vrednosti treh fizikalno-kemijskih parametrov na desetih vzorčnih mestih. Za razlago kode mesta in datume vzorčenj glej preglednico 23.



6.3 Bentoški nevretenčarji

Vrednotenje ekološkega stanja voda na podlagi bentoških nevretenčarjev zajema vzorčenje bentoških nevretenčarjev, laboratorijsko obdelavo vzorcev bentoških nevretenčarjev, determinacijo bentoških nevretenčarjev, izračun indeksov ter umestitev vzorčnih mest v razred ekološkega stanja (Urbanič in sod., 2013).

6.3.1 Metode

Vzorčenje bentoških nevretenčarjev

Vzorčenje bentoških nevretenčarjev smo opravili poleti v času stabilnih hidroloških razmer, t.j. nizkih do srednje visokih vodostajev. Bentoške nevretenčarje smo vzorčili po standardizirani metodi mikrohabitatnih tipov (Urbanič in sod., 2005). Na vsakem vzorčnem mestu smo popisali mikrohabitatne tipe s kombinacijo substrata (anorganskega in organskega) in tipa vodnega toka (AQEM, 2002; Urbanič in sod., 2005; Urbanič, 2014). Glede na delež pokrovnosti površine vzorčnega mesta smo v vsakem mikrohabitatnem tipu določili število vzorčnih enot z upoštevanjem mikrohabitatnih tipov, ki pokrivajo vsaj 5% površine vzorčnega mesta. Celoten vzorec bentoških nevretenčarjev smo nabrali na 20 vzorčnih enotah, t.j. na površini 1,25 m², s premeščanjem substrata pred ročno mrežo z okvirjem 0,25 m x 0,25 m. Na terenu smo opravili podvzorčenje, tako da smo celoten vzorec razdelili na štiri podvzorce, od katerih smo dva obdelali v laboratoriju (Petkovska in Urbanič, 2010). Iz dveh podvzorcev (četrтин) smo pobrali bentoške nevretenčarje, jih določili do najnižjega možnega taksonomskega nivoja (večinoma do vrste ali rodu) in jih shranili v 80% etanolu.

Ovrednotenje ekološkega stanja na podlagi bentoških nevretenčarjev

Ekološko stanje izbranih vodotokov smo ovrednotili glede na ekološki tip vodotokov na podlagi tistih indeksov, ki so razviti za posamezen tip vodotoka (Preglednica 38).



Preglednica . Indeksi za vrednotenje ekološkega stanja obravnavanih vodotokov na podlagi bentoških nevretenčarjev glede na tip obremenitve in ekološki tip vodotoka.

ZS	Ekološki tip	Saprobnost	Hidromorfološka spremenjenost/ splošna degradiranost
1	R_SI_4_KB-AL-D_1_KI	SIG3	SMEIH _{AL11}
2	R_SI_4_KB-AL-J_1	SIG3	SMEIH _{AL24}
3	R_SI_4_PA-hrib-J_1	SIG3	SMEIH _{AL10}
4	R_SI_4_SI-AL_1	SIG3	SMEIH _{AL23}
5	R_SI_4_SI-AL_1_>700	SIG3	SMEIH _{AL10}
6	R_SI_4_PA-hrib-D_1	SIG3	SMEIH _{AL33}

Vrednost slovenske verzije saprobnega indeksa (SIG3) smo izračunali po naslednji enačbi:

$$SIG3_j = \frac{\sum_{i=1}^n (h_i * G_i * s_i)}{\sum_{i=1}^n (h_i * G_i)}$$

kjer je SIG3_j – vrednost slovenske verzije saprobnega indeksa j-tega vzorca, h_i – številčnost i-tega taksona, G_i – indikatorska vrednost ali teža indikacije i-tega taksona, s_i – saprobna vrednost i-tega taksona, in jih z uporabo referenčnih vrednosti in spodnjih mej normalizirali s pomočjo naslednje enačbe:

$$SIG3_REK = \frac{\text{izračunana vrednost indeksa} - \text{spodnja meja indeksa}}{\text{referenčna vrednost indeksa} - \text{spodnja meja indeksa}}$$

kjer je SIG3_REK normalizirana vrednost indeksa SIG3 (Urbanič in sod., 2013; Urbanič, 2014).

Slovenski multimetrijski indeks hidromorfološke spremenjenosti/splošne degradiranosti (SMEIH) smo izračunali po splošni enačbi, ki jo sestavljajo največ štiri biološke metrike, odvisno od ekološkega tipa vodotoka:

$$SMEIH_j = aM_1 + bM_2 + cM_3 + dM_4$$

kjer je SMEIH_j – vrednost slovenskega multimetrijskega indeksa hidromorfološke spremenjenosti/splošne degradiranosti j-tega ekološkega tipa vodotoka, a – utež biološke metrike 1, M₁ – metrika 1, b – utež metrike 2, M₂ – metrika 2, c – utež metrike 3, M₃ – metrika 3, d – utež metrike 4 (Preglednici 39 in 40) (Urbanič in sod., 2013). Za izračun metrik, razen metrike Indeks rečne favne (RFI), smo uporabili program Asterics 3.01 (AQEM, 2002). Metriko RFI smo izračunali po naslednji enačbi:

$$RFI_j = \frac{\sum_{i=1}^n (ac_i * Rf_i * HW_i)}{\sum_{i=1}^n (ac_i * HW_i)}$$



kjer je RFI_j – Indeks rečne favne j-tega vzorca, Rf_i – vrednost rečne favne taksona i , HW_i – hidromorfološka teža indikacije taksona i , ac_i – številčnostni razred taksona i , n – število taksonov (Urbanič in sod., 2013; Urbanič, 2014). Za izračun indeksov SMEIH smo vrednosti metrik normalizirali z uporabo za ekološki tip vodotoka značilnih referenčnih vrednosti in spodnjih mej (Urbanič in sod., 2013).



Preglednica . Za ekološki tip vodotoka značilne metrike indeksov SMEIH za obravnavane vodotoke.

Zap. št.	SMEIH/Metrika	RFI_{AL1}	RFI_{AL2}	RFI_{AL3}	N_{Col}	N_{EP}	N_o	P_{GC}	P_{EPT}	P_o	PP_{le}	P_{Tri}
1	SMEIH _{AL11}	X					X	X		X		
2	SMEIH _{AL24}		X			X		X				X
3	SMEIH _{AL10}	X										
4	SMEIH _{AL23}		X		X			X	X			
5	SMEIH _{AL10}	X										
6	SMEIH _{AL33}			X		X		X			X	

Preglednica . Pojasnilo metrik uporabljenih indeksov SMEIH.

Metrika	Pojasnilo metrike
RFI _{AL1}	Indeks rečne favne malih in srednje velikih alpskih rek z veliko pestrostjo habitatov
RFI _{AL2}	Indeks rečne favne malih in srednje velikih alpskih rek z srednje veliko pestrostjo habitatov
RFI _{AL3}	Indeks rečne favne malih in srednje velikih alpskih rek z majhno pestrostjo habitatov
N _{Col}	Število taksonov hroščev
N _{EP}	Število taksonov enodnevnih in vrbnic
N _o	Število taksonov maloščetincev
P _{GC}	Delež osebkov zbiralcev
P _{EPT}	Delež osebkov enodnevnih, vrbnic in mladoletnic
P _o	Delež osebkov maloščetincev
P _{le}	Delež osebkov vrbnic
P _{Tri}	Delež osebkov mladoletnic



Končne vrednosti indeksov smo izračunali z uporabo transformacijskih enačb. Za izračun transformiranih vrednosti SIG3 smo izbrali enačbe glede na referenčno vrednost indeksa SIG3 za posamezen ekološki tip vodotoka, transformirane vrednosti indeksov SMEIH pa smo pridobili z uporabo enačb glede na izračunano vrednost indeksa SMEIH (Urbanič in sod., 2013). Glede na izračunane vrednosti indeksa SIG3 in SMEIH smo vzorčna mesta uvrstili v razred ekološkega stanja (Preglednica 41). Končno oceno ekološkega stanja smo naredili po principu »najslabši določi stanje«, kar pomeni, da je končna ocena stanja najslabša ocena stanja, določena na podlagi indeksa SIG3 oz. SMEIH (Urbanič, 2011; Urbanič in sod., 2013).

Preglednica . Mejne vrednosti razredov ekološkega stanja na podlagi bentoških nevretenčarjev.

Mejne vrednosti	Razred ekološkega stanja
$\geq 0,80$	zelo dobro
0,60 - 0,79	dobro
0,40 - 0,59	zmerno
0,20 - 0,39	slabo
$< 0,20$	zelo slabo

6.3.2 Združba bentoških nevretenčarjev na obravnavanih vzorčnih mestih

V preglednicah 42 – 47 so predstavljeni taksonomska sestava in številčnost taksonov bentoških nevretenčarjev ugotovljenih na desetih vzorčnih mestih, in sicer ločeno za vsako četrtino vzorca.

Preglednica . Taksonomska sestava in številčnost (število osebkov/0,3125 m²) taksonov bentoških nevretenčarjev na vzorčnih mestih reke Mostnice. VM – vzorčno mesto

Reka	Mostnica	Mostnica	Mostnica	Mostnica
Vzorčno mesto	Stara Fužina	Stara Fužina	Obla Gorica	Obla Gorica
Gauss_Krueger Y	414995	414995	414505	414505
Gauss_Krueger X	128004	128004	128842	128842
Datum	8.7.2015	8.7.2015	8.7.2015	8.7.2015
Koda VM	MtSF	MtSF	MtOG	MtOG
Takson/koda podvzorca	MtSF71514	MtSF71524	MtOG71514	MtOG71524
<i>Crenobia alpina</i>	6	7	18	16
<i>Haplotaxis gordioides</i>	0	2	2	1
<i>Stylodrilus heringianus</i>	1	0	0	0
<i>Nais</i> sp.	0	0	1	0
Hydrachnidia	48	40	60	40

Se nadaljuje



Preglednica 42. nadaljevanje

Reka	Mostnica	Mostnica	Mostnica	Mostnica
Vzorčno mesto	Stara Fužina	Stara Fužina	Obla Gorica	Obla Gorica
Gauss_Krueger Y	414995	414995	414505	414505
Gauss_Krueger X	128004	128004	128842	128842
Datum	8.7.2015	8.7.2015	8.7.2015	8.7.2015
Koda VM	MtSF	MtSF	MtOG	MtOG
Takson/koda podvzorca	MtSF71514	MtSF71524	MtOG71514	MtOG71524
<i>Baetis alpinus</i>	167	169	251	213
<i>Baetis fuscatus/scambus</i>	0	0	0	1
<i>Baetis melanonyx</i>	8	5	12	3
<i>Baetis muticus</i>	0	0	0	1
<i>Baetis rhodani</i>	44	29	18	14
<i>Baetis scambus</i>	1	0	0	0
<i>Ephemerella ignita</i>	16	8	29	31
<i>Ecdyonurus</i> sp.	33	38	36	31
<i>Epeorus alpicola</i>	0	1	1	0
<i>Epeorus sylvicola</i>	1	0	1	0
<i>Rhithrogena</i> sp.	64	52	28	28
<i>Habroleptoides confusa</i>	1	0	0	0
<i>Chloroperla</i> sp.	3	2	0	0
<i>Siphonoperla</i> sp.	0	0	7	6
<i>Leuctra</i> sp.	33	33	31	27
<i>Nemoura</i> sp.	14	6	5	3
<i>Protonemura</i> sp.	169	131	56	54
<i>Perla</i> sp.	0	0	4	1
<i>Dictyogenus/Isoperla</i> -juv.	3	1	0	0
<i>Oreodytes</i> sp.	0	1	0	0
<i>Elmis</i> sp.	0	2	12	11
<i>Elmis</i> sp.-larve	3	5	6	12
<i>Esolus</i> sp.	17	17	17	12
<i>Esolus</i> sp.-larve	3	4	13	10
<i>Riolus</i> sp.	1	0	1	0
<i>Riolus</i> sp.-larve	0	1	2	1
<i>Hydraena</i> sp.	11	15	7	4
<i>Glossosoma conformis</i>	0	0	1	0
<i>Silo pallipes</i>	0	0	1	1
<i>Hydropsyche</i> sp.-juv.	0	0	0	1
<i>Allogamus auricollis</i>	0	0	4	7

Se nadaljuje



Preglednica 42. nadaljevanje

Reka	Mostnica	Mostnica	Mostnica	Mostnica
Vzorčno mesto	Stara Fužina	Stara Fužina	Obla Gorica	Obla Gorica
Gauss_Krueger Y	414995	414995	414505	414505
Gauss_Krueger X	128004	128004	128842	128842
Datum	8.7.2015	8.7.2015	8.7.2015	8.7.2015
Koda VM	MtSF	MtSF	MtOG	MtOG
Takson/koda podvzorca	MtSF71514	MtSF71524	MtOG71514	MtOG71524
Drusinae	4	1	46	42
<i>Drusus biguttatus</i>	0	0	1	4
Limnephilinae-juv.	0	0	2	0
<i>Odontocerum albicorne</i>	0	1	0	0
<i>Rhyacophila sensu stricto</i> Sesteto	14	13	11	9
<i>Rhyacophila torrentium</i>	1	0	0	0
<i>Rhyacophila tristis</i>	2	4	2	2
<i>Sericostoma</i> sp.	0	0	1	0
<i>Ibisia (Atherix) marginata</i>	0	4	0	0
<i>Liponeura</i> sp.	0	16	0	0
<i>Corynoneura</i> sp.	2	0	1	1
Diamesinae	0	1	0	0
Orthocladiinae	77	29	181	252
Tanypodinae	1	1	2	4
Tanytarsini	2	1	6	17
Clinocerinae	0	3	0	0
<i>Antocha</i> sp.	0	3	0	0
<i>Hexatoma</i> sp.	0	0	0	2
<i>Dicranota</i> sp.	0	0	0	4
<i>Simulium</i> sp.	481	512	19	12



Preglednica . Taksonomska sestava in številčnost (število osebkov/0,3125 m²) taksonov bentoških nevretenčarjev na vzorčnih mestih reke Kneže (7.7.2015). VM – vzorčno mesto

Reka	Kneža	Kneža	Kneža	Kneža
Vzorčno mesto	Loje	Loje	Polica	Polica
Gauss_Krueger Y	411116	411116	410224	410224
Gauss_Krueger X	116095	116095	114760	114760
Datum	7.7.2015	7.7.2015	7.7.2015	7.7.2015
Koda VM	KnLo	KnLo	KnPo	KnPo
Takson/koda podvzorca	KnLo71514	KnLo71524	KnPo71514	KnPo71524
Hydrachnidia	0	0	2	2
<i>Gammarus fossarum</i>	0	0	2	0
<i>Baetis alpinus</i>	1	1	6	0
<i>Baetis rhodani</i>	2	0	0	0
<i>Ephemerella ignita</i>	0	0	2	1
<i>Ecdyonurus</i> sp.	0	2	1	1
<i>Rhithrogena</i> sp.	3	8	6	13
<i>Leuctra</i> sp.	6	4	1	2
<i>Protonemura</i> sp.	8	5	21	21
<i>Perla</i> sp.	1	1	3	2
<i>Elmis</i> sp.	0	0	2	1
<i>Esolus</i> sp.	7	6	5	5
<i>Limnius</i> sp.	1	0	0	0
<i>Hydraena</i> sp.	5	5	2	3
<i>Hydropsyche</i> sp.-juv.	1	1	3	3
<i>Odontocerum albicorne</i>	0	0	0	1
<i>Rhyacophila sensu stricto</i> Sesteto	1	2	1	1
<i>Liponeura</i> sp.	2	2	0	1
Orthocladiinae	0	2	1	0
Tanypodinae	0	0	0	1
<i>Hexatoma</i> sp.	0	0	0	1
<i>Pedicia</i> sp.	0	1	0	0
<i>Simulium</i> sp.	0	0	1	2



Preglednica . Seznam in številčnost (število osebkov/0,3125 m²) taksonov bentoških nevretenčarjev na vzorčnih mestih reke Kneže (10.8.2015). VM – vzorčno mesto

Reka	Kneža	Kneža	Kneža	Kneža
Vzorčno mesto	Loje	Loje	Polica	Polica
Gauss_Krueger Y	411116	411116	410224	410224
Gauss_Krueger X	116095	116095	114760	114760
Datum	10.8.2015	10.8.2015	10.8.2015	10.8.2015
Koda VM	KnLo	KnLo	KnPo	KnPo
Takson/koda podvzorca	KnLo71514	KnLo71524	KnPo81514	KnPo81524
Tubificidae-brez lasastih ščetin	0	1	0	1
<i>Ancylus fluviatilis</i>	0	0	1	0
Hydrachnidia	0	0	8	2
<i>Baetis alpinus</i>	19	12	35	26
<i>Baetis muticus</i>	0	0	0	5
<i>Baetis rhodani</i>	5	2	5	5
<i>Ephemerella ignita</i>	0	0	2	1
<i>Ecdyonurus</i> sp.	3	2	0	2
<i>Rhithrogena</i> sp.	12	5	22	13
<i>Siphonoperla</i> sp.	0	0	0	1
<i>Leuctra</i> sp.	5	3	13	18
<i>Protonemura</i> sp.	2	1	3	5
<i>Perla</i> sp.	4	1	4	4
<i>Elmis</i> sp.	2	0	2	1
<i>Elmis</i> sp.-larve	0	0	0	1
<i>Esolus</i> sp.	14	23	23	34
<i>Esolus</i> sp.-larve	0	0	2	2
<i>Limnius</i> sp.	1	1	0	2
<i>Hydraena</i> sp.	2	8	9	5
<i>Beraeomyia</i> sp.	0	0	0	1
<i>Silo pallipes</i>	0	1	0	0
<i>Hydropsyche dinarica</i>	0	0	1	2
<i>Hydropsyche</i> sp.-juv.	0	4	2	4
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	0	0	0	1
<i>Rhyacophila intermedia</i>	0	0	1	0
<i>Rhyacophila sensu stricto</i> Sesteto	2	0	3	0
<i>Rhyacophila torrentium</i>	1	1	4	3
<i>Ibisia (Atherix) marginata</i>	1	2	1	2
<i>Liponeura</i> sp.	6	3	12	24

Se nadaljuje



Preglednica 44. nadaljevanje

Reka	Kneža	Kneža	Kneža	Kneža
Vzorčno mesto	Loje	Loje	Polica	Polica
Gauss_Krueger Y	411116	411116	410224	410224
Gauss_Krueger X	116095	116095	114760	114760
Datum	10.8.2015	10.8.2015	10.8.2015	10.8.2015
Koda VM	KnLo	KnLo	KnPo	KnPo
Takson/koda podvzorca	KnLo71514	KnLo71524	KnPo81514	KnPo81524
Chironomini	1	0	2	1
Orthocladiinae	1	1	1	7
Tanypodinae	0	0	0	1
Tanytarsini	1	0	0	1
Limnophilinae	0	3	1	0
<i>Dicranota</i> sp.	1	0	0	0
<i>Pedicia</i> sp.	0	0	0	1
<i>Simulium</i> sp.	2	1	4	6

Preglednica . Taksonomska sestava in številčnost (število osebkov/0,3125 m²) taksonov bentoških nevretenčarjev na vzorčnih mestih reke Cerknice. VM – vzorčno mesto

Reka	Cerknica	Cerknica	Cerknica	Cerknica
Vzorčno mesto	Franja	Franja	Magajne	Magajne
Gauss_Krueger Y	425419	425419	422911	422911
Gauss_Krueger X	111768	111768	110348	110348
Datum	7.7.2015	7.7.2015	7.7.2015	7.7.2015
Koda VM	CkFr	CkFr	CkMa	CkMa
Takson/koda podvzorca	CkFr71514	CkFr71524	CkMa71514	CkMa71524
<i>Eiseniella tetraedra</i>	2	2	1	1
Hydrachnidia	10	6	5	4
<i>Gammarus fossarum</i>	6	4	2	3
<i>Baetis alpinus</i>	154	185	10	11
<i>Baetis melanonyx</i>	1	0	0	0
<i>Baetis rhodani</i>	160	160	24	59
<i>Centroptilum</i> sp.	1	0	0	0
<i>Ephemerella ignita</i>	54	71	61	107
<i>Ephemera danica</i>	2	1	0	1
<i>Ecdyonurus</i> sp.	3	5	5	9
<i>Rhithrogena</i> sp.	0	3	15	37

Se nadaljuje



Preglednica 45. nadaljevanje

Reka	Cerknica	Cerknica	Cerknica	Cerknica
Vzorčno mesto	Franja	Franja	Magajne	Magajne
Gauss_Krueger Y	425419	425419	422911	422911
Gauss_Krueger X	111768	111768	110348	110348
Datum	7.7.2015	7.7.2015	7.7.2015	7.7.2015
Koda VM	CkFr	CkFr	CkMa	CkMa
Takson/koda podvzorca	CkFr71514	CkFr71524	CkMa71514	CkMa71524
<i>Habroleptoides confusa</i>	0	0	1	0
<i>Habrophlebia lauta</i>	0	1	0	0
<i>Leuctra</i> sp.	14	28	22	49
<i>Protonemura</i> sp.	3	0	5	1
<i>Perla</i> sp.	0	0	1	1
<i>Elmis</i> sp.	0	1	0	1
<i>Elmis</i> sp.-larve	0	1	0	0
<i>Esolus</i> sp.	35	66	38	65
<i>Esolus</i> sp.-larve	5	7	3	2
<i>Limnius</i> sp.	2	1	1	2
<i>Limnius</i> sp. - larve	2	2	0	1
<i>Hydraena</i> sp.	7	9	4	1
<i>Hydrocyphon</i> sp.-larve	1	0	0	0
<i>Beraeamyia</i> sp.	0	0	1	0
<i>Silo pallipes</i>	0	7	0	0
<i>Hydropsyche dinarica</i>	4	3	1	5
<i>Hydropsyche instabilis</i>	0	1	2	12
<i>Hydropsyche</i> sp.-juv.	2	13	20	39
<i>Plectrocnemia conspersa</i>	0	1	0	0
<i>Lype reducta</i>	0	1	0	0
<i>Rhyacophila sensu stricto</i> Sesteto	2	2	11	7
<i>Rhyacophila tristis</i>	0	1	0	0
<i>Ibisia (Atherix) marginata</i>	10	12	0	4
<i>Liponeura</i> sp.	2	2	3	1
Chironomini	3	4	0	2
Orthoclaadiinae	12	17	7	14
Tanypodinae	2	3	1	0
Tanytarsini	0	1	1	0
Dolichopodidae	0	1	0	0
<i>Antocha</i> sp.	2	4	0	0
Limnophilinae	0	1	0	1
<i>Dicranota</i> sp.	1	1	0	0
<i>Simulium</i> sp.	15	21	13	29
<i>Thaumalea</i> sp.	1	0	0	0



Preglednica . Taksonomska sestava in številčnost (število osebkov/0,3125 m²) taksonov bentoških nevretenčarjev na vzorčnih mestih reke Oplotnice. VM – vzorčno mesto

Reka	Oplotnica	Oplotnica	Oplotnica	Oplotnica
Vzorčno mesto	Oplotnica	Oplotnica	Cezlak	Cezlak
Gauss_Krueger Y	534336	534336	533597	533597
Gauss_Krueger X	140459	140459	142180	142180
Datum	6.7.2015	6.7.2015	6.7.2015	6.7.2015
Koda VM	OpOp	OpOp	OpCe	OpCe
Takson/koda podvzorca	OpOp71514	OpOp71524	OpCe71514	OpCe71524
<i>Eiseniella tetraedra</i>	0	1	0	0
Hydrachnidia	3	5	1	0
<i>Gammarus fossarum</i>	1	8	2	4
<i>Baetis alpinus</i>	36	29	110	53
<i>Baetis melanonyx</i>	1	0	0	0
<i>Baetis rhodani</i>	11	14	59	29
<i>Ephemerella ignita</i>	1	3	2	2
<i>Ecdyonurus</i> sp.	2	2	4	1
<i>Epeorus alpicola</i>	0	0	1	0
<i>Epeorus sylvicola</i>	0	0	1	0
<i>Rhithrogena</i> sp.	5	5	42	18
<i>Leuctra</i> sp.	4	8	11	5
<i>Nemoura</i> sp.	0	2	3	1
<i>Protonemura</i> sp.	58	29	22	17
<i>Perla</i> sp.	1	1	5	0
<i>Isoperla</i> sp.	0	2	0	1
<i>Oreodytes</i> sp. - larve	0	1	0	0
<i>Elmis</i> sp.	1	0	1	0
<i>Esolus</i> sp.	2	0	0	0
<i>Limnius</i> sp.	5	4	4	2
<i>Limnius</i> sp. - larve	3	2	2	0
<i>Hydraena</i> sp.	8	5	15	6
<i>Silo pallipes</i>	0	0	0	1
<i>Hydropsyche instabilis</i>	1	0	0	0
<i>Hydropsyche</i> sp.-juv.	0	0	1	0
Drusinae	0	0	3	0
<i>Philopotamus montanus</i>	0	0	4	0
<i>Polycentropus excisus</i>	0	1	0	1

Se nadaljuje



Preglednica 46. nadaljevanje

Reka	Oplotnica	Oplotnica	Oplotnica	Oplotnica
Vzorčno mesto	Oplotnica	Oplotnica	Cezlak	Cezlak
Gauss_Krueger Y	534336	534336	533597	533597
Gauss_Krueger X	140459	140459	142180	142180
Datum	6.7.2015	6.7.2015	6.7.2015	6.7.2015
Koda VM	OpOp	OpOp	OpCe	OpCe
Takson/koda podvzorca	OpOp71514	OpOp71524	OpCe71514	OpCe71524
<i>Rhyacophila sp. (s. str.)</i>	1	1	3	1
<i>Rhyacophila tristis</i>	1	1	1	0
<i>Ibisia (Atherix) marginata</i>	4	3	3	1
<i>Liponeura sp.</i>	0	0	10	4
Chironomini	3	3	0	0
<i>Corynoneura sp.</i>	0	1	0	0
Diamesinae	1	0	0	0
Orthocladiinae	15	18	4	2
<i>Potthastia sk. longimana</i>	2	0	0	0
Tanypodinae	0	1	0	1
<i>Dixa sp.</i>	0	0	0	1
<i>Dicranota sp.</i>	2	4	1	1
<i>Simulium sp.</i>	61	64	45	28

Preglednica . Taksonomska sestava in številčnost (število osebkov/0,3125 m²) taksonov bentoških nevretenčarjev na vzorčnih mestih reke Suhodolnice. VM – vzorčno mesto

Reka	Suhodolnica	Suhodolnica	Suhodolnica	Suhodolnica
Vzorčno mesto	Smrčun	Smrčun	Herman	Herman
Gauss_Krueger Y	504986	504986	503017	503017
Gauss_Krueger X	146113	146113	146529	146529
Datum	6.7.2015	6.7.2015	6.7.2015	6.7.2015
Koda VM	SdSm	SdSm	SdHe	SdHe
Takson/koda podvzorca	SdSm71514	SdSm71524	SdHe71514	SdHe71524
<i>Polycelis tenuis/nigra</i>	7	7	5	3
<i>Stylodrilus heringianus</i>	0	0	0	1
<i>Stylodrilus sp.</i>	57	51	66	73
<i>Nais sp.</i>	0	0	0	1
<i>Ancylus fluviatilis</i>	0	0	2	3
Hydrachnidia	12	10	15	4

Se nadaljuje



Preglednica 47. nadaljevanje

Reka	Suhodolnica	Suhodolnica	Suhodolnica	Suhodolnica
Vzorčno mesto	Smrčun	Smrčun	Herman	Herman
Gauss_Krueger Y	504986	504986	503017	503017
Gauss_Krueger X	146113	146113	146529	146529
Datum	6.7.2015	6.7.2015	6.7.2015	6.7.2015
Koda VM	SdSm	SdSm	SdHe	SdHe
Takson/koda podvzorca	SdSm71514	SdSm71524	SdHe71514	SdHe71524
<i>Gammarus fossarum</i>	239	163	328	443
<i>Baetis alpinus</i>	129	91	802	719
<i>Baetis rhodani</i>	0	0	117	65
<i>Ephemerella ignita</i>	56	41	24	10
<i>Ephemerella major</i>	0	1	0	0
<i>Ephemera danica</i>	1	0	0	1
<i>Ecdyonurus</i> sp.	17	19	7	5
<i>Epeorus sylvicola</i>	0	1	8	4
<i>Rhithrogena</i> sp.	13	4	45	21
<i>Habroleptoides confusa</i>	0	0	1	0
<i>Leuctra</i> sp.	105	64	79	58
<i>Protonemura</i> sp.	38	17	3	3
<i>Perla</i> sp.	1	1	0	1
<i>Dictyogenus/Isoperla</i> -juv.	3	1	3	1
<i>Oreodytes</i> sp.	0	1	0	0
<i>Elmis</i> sp.	33	11	20	8
<i>Elmis</i> sp.-larve	21	14	37	26
<i>Esolus</i> sp.	74	62	35	28
<i>Esolus</i> sp.-larve	7	18	1	4
<i>Limnius</i> sp.	22	8	16	13
<i>Limnius</i> sp. - larve	104	93	112	71
<i>Riolus</i> sp.	8	5	0	0
<i>Riolus</i> sp.-larve	3	4	0	0
<i>Hydraena</i> sp.	43	28	47	27
<i>Glossosoma conformis</i>	0	0	5	2
<i>Silo pallipes</i>	1	2	5	5
<i>Hydropsyche dinarica</i>	0	0	4	2
<i>Hydropsyche instabilis</i>	0	0	0	5
<i>Hydropsyche</i> sp.-juv.	7	1	14	11

Se nadaljuje



Preglednica 47. nadaljevanje

Reka	Suhodolnica	Suhodolnica	Suhodolnica	Suhodolnica
Vzorčno mesto	Smrčun	Smrčun	Herman	Herman
Gauss_Krueger Y	504986	504986	503017	503017
Gauss_Krueger X	146113	146113	146529	146529
Datum	6.7.2015	6.7.2015	6.7.2015	6.7.2015
Koda VM	SdSm	SdSm	SdHe	SdHe
Takson/koda podvzorca	SdSm71514	SdSm71524	SdHe71514	SdHe71524
Drusinae	2	0	23	42
Limnephilinae-juv.	1	1	2	3
<i>Psychomyia klapaleki</i>	2	0	0	0
<i>Tinodes dives</i>	2	0	3	0
<i>Rhyacophila sensu stricto</i> Sesteto	18	14	0	21
<i>Rhyacophila tristis</i>	3	2	4	7
<i>Sericostoma</i> sp.	1	1	1	0
<i>Ibisia (Atherix) marginata</i>	19	8	18	17
<i>Liponeura</i> sp.	1	2	2	1
Chironomini	3	4	2	0
<i>Corynoneura</i> sp.	2	1	1	0
Diamesinae	1	1	0	0
Orthocladiinae	40	26	28	54
<i>Potthastia</i> sk. <i>longimana</i>	1	1	0	0
Tanypodinae	2	0	0	1
Tanytarsini	4	16	0	1
Clinocerinae	0	0	1	0
<i>Antocha</i> sp.	0	0	4	1
<i>Dicranota</i> sp.	2	2	0	0
<i>Pedicia</i> sp.	1	0	0	1
<i>Simulium</i> sp.	14	3	37	41



6.4 Fitobentos

Vrednotenje ekološkega stanja voda na podlagi fitobentosa zajema vzorčenje fitobentosa, laboratorijsko obdelavo vzorcev fitobentosa, izračun trofičnega in saprobnega indeksa ter umestitev vzorčnih mest v razred ekološkega stanja (Urbanič in sod., 2013).

6.4.1 Metode

Vzorčenje fitobentosa

Vzorčenje fitobentosa na izbranih vodotokih smo opravili v prvi polovici julija in avgusta 2015 (Preglednica 23). To je bilo primerno obdobje vzorčenja fitobentoške združbe v rekah, na koncu obdobja nizkih voda, ko so hidrološke razmere že nekaj časa stabilne oziroma vsaj 2 tedna po visokem vodostaju vode.

Na vsakem vzorčnem mestu se pred vzorčenjem izpolni terenski popisni list za vzorčenje fitobentosa v rekah. Na vzorčenem odseku morajo biti vzorčene enote razporejene v razmerju deležev pokrovnosti mikrohabitatnih tipov. Do enake stopnje natančnosti se določijo tudi podatki o hitrostih vodnega toka, substratu, globini vode in prekritosti dna z algami. V primerih, kjer je vzorčno mesto homogeno (npr. prodišče), se lahko vzorčuje na krajšem odseku, vendar pri različnih hitrostih vode. Če je vzorčno mesto heterogeno (prodišče, mulj, brzica, tolmun), se vzorčuje na vseh mikrohabitatih in se vzorci združijo v skupen vzorec. Vzorec tako sestavlja več vzorčnih enot (podenot), nabranih v vseh mikrohabitatnih tipih vzorčnega mesta.

Vzorci fitobentosa se postrga z različnih živih in neživih trdnih podvodnih površin (prodnikov, kamnov, skal, peska, makrofitov, potopljenega lesa idr.). Pobran fitobentos se prenese v plastenko s širokim vratom. Tudi druge alge iz različnih mikrohabitatov se združi v banjici, prelije v plastenko in konzervira za nadaljnjo laboratorijsko analizo. Vsi vzorci se shranijo v 4 % formaldehidu. Ob vzorčenju fitobentosa se na vzorčnem mestu izmeri temperatura zraka in vode, električna prevodnost, pH, nasičenost vode s kisikom in koncentracija v vodi raztopljenega kisika.

Laboratorijska obdelava fitobentosa

Za natančno določitev kremenastih alg je potrebno pripraviti trajne preparate. Izredno pomembno je prilagoditi čiščenje vzorcev kremenastih alg glede na tip vzorca. V laboratoriju se posamezen vzorec kremenastih alg premeša in del vzorca prelije v 10 ml centrifugirke (ostanek vzorca hranimo v 4 % raztopini formalina za morebitne nadaljnje raziskave ali ponovitve). Vzorec se centrifugira 10 minut pri 4000 obratih/min. Po centrifugiranju se vodo odlije. Dobljeni usedlini se doda 2 ml koncentrirane 65 % dušikove kisline (HNO_3), s katero se razgradi organsko snov in razbije morebitne kolonije alg na posamezne celice. Nato se v



digestoriju vzorec segreva do belih par. Ohlajeni vzorec se ponovno centrifugira ali pusti usedati. Iz usedline se kislina spira z destilirano vodo do pH 7. Tako dobljeni vzorec je pripravljen za pregled pod mikroskopom in za izdelavo trajnih preparatov. Trajne preparate se pripravi z nanosom kapljice vzorca (ali več kapljic, odvisno od gostote vzorca) na objektno steklo, kjer se ta posuši, zatem pa nanj nanese Naphraks smola (ali katera druga smola) in prekrije s krovnim steklom, da se smola strdi (24 ur).

Za reprezentativno porazdelitev kremenastih alg se do vrste natančno določi najmanj 500 lupinic. Določanje in štetje vrst se izvede s pregledom trajnih preparatov pod mikroskopom (imerzijski objektiv, povečava 1000X ali 1200X). Število prešteti transektov je odvisno od gostote vzorca. Pogostost pojavljanja posameznih vrst se izrazi v procentih od 500 prešteti lupinic na vzorec oz. trajen preparat. V vzorcu smo s svetlobno mikroskopijo določevali kremenaste alge, pa tudi ostale skupine alg in cianobakterije.

Za določanje kremenastih alg smo uporabljali naslednjo literaturo:

- Kramer K., Lange-Bertalot H. (1986). Bacillariophyceae, 1 Teil. Susswasserflora von Mitteleuropa, Band 2/1. Fischer, Stuttgart, 876 str.
- Kramer K., Lange-Bertalot H. (1988). Bacillariophyceae, 2 Teil. Susswasserflora von Mitteleuropa, Band 2/2. Fischer, Stuttgart, 596 str.
- Kramer K., Lange-Bertalot H. (1991). Bacillariophyceae, 3 Teil. Susswasserflora von Mitteleuropa, Band 2/3. Fischer, Stuttgart, 576 str.
- Kramer K., Lange-Bertalot H. (1991). Bacillariophyceae, 4 Teil. Susswasserflora von Mitteleuropa, Band 2/4. Fischer, Stuttgart, 437 str.
- Hofmann G., Werum M., Lange-Bertalot H. (2011). Diatomeen im Süßwasser - Benthos von Mitteleuropa: Bestimmungsflora Kieselalgen für die ökologische Praxis, Gantner Verlag, 908 str.

Izračun trofičnega in saprobnega indeksa

Na podlagi določenih vrst smo izračunali trofični indeks (TI) in saprobni indeks (SI). Najprej smo umestili vzorčno mesto v ekološki tip vodotoka, nato izračunali oba indeksa, ki smo jih še normalizirali in transformirali s pomočjo preglednic. Dobljene vrednosti razmerja ekološke kakovosti (REK) za posamezno mesto vzorčenja smo glede na izračunan, normaliziran in transformiran TI in SI uvrstili v razred ekološkega stanja s pomočjo preglednic.

(a) Modul trofičnost – trofični indeks (TI)

Na podlagi TI se vrednoti predvsem vpliv eutrofikacije voda in spremenjene rabe zemljišč v prispevnem območju vodotoka. TI se izračuna na podlagi podatkov o kremenastih algah po naslednji enačbi (Rott in sod. 1999):



$$TI = \frac{\sum_{i=1}^n TW_i * G_i * H_i}{\sum_{i=1}^n G_i * H_i}$$

kjer je:

TI - Trofični indeks,

TW_i - trofična vrednost i-tega taksona,

G_i – teža indikacije i-tega taksona,

H_i - pogostost i-tega taksona na 500 preštetih kremenastih alg.

Trofične vrednosti (TW) in trofične teže indikacije (G) taksonov fitobentosa za izračun TI so [povzete](#) iz metodologije vrednotenja ekološkega stanja rek v Sloveniji (Urbanič in sod. 2015).

Vrednost TI je potrebno normalizirati in transformirati. Oba postopka se izvede v enem koraku glede na ekološki tip vodotoka obravnavanega vzorčnega mesta, s pomočjo enačb v preglednici 48. Enačbe so za tip značilne in se razlikujejo v kolikor se vanje vnese izračunane vrednosti TI višje ali nižje glede na zastavljeno vrednost (M) podano v preglednici. Izračunano vrednost TI se primerja z zastavljeno vrednostjo (M). Glede na to, ali je izračunana TI višja ali nižja od vrednosti M, se izbere transformacijsko enačbo. Dobljena vrednost je normalizirana in transformirana vrednost TI (transTI_REK).

Preglednica . Enačbe za izračun normaliziranih in transformiranih vrednoti TI za izbrana vzorčna mesta glede na kodo vzorčnega mesta (VM) in ekotip.

			trans TI_REK = A * TI + B			trans TI_REK = A * TI + B		
			za TI ≥ M			za TI < M		
	Koda VM	Ekotip	M	A	B	M	A	B
1	MtSF	R_SI_4_KB-AL-D_1_KI	2,1066	-0,4461	1,7398	2,1066	-0,5727	2,0065
2	MtOG	R_SI_4_KB-AL-D_1_KI	2,1066	-0,4461	1,7398	2,1066	-0,5727	2,0065
3	KnLo	R_SI_4_KB-AL-J_1	1,6959	-0,3630	1,4156	1,6959	-0,8728	2,2802
4	KnPo	R_SI_4_KB-AL-J_1	1,6959	-0,3630	1,4156	1,6959	-0,8728	2,2802
5	CkFr	R_SI_4_PA-hrib-J_1	1,5373	-0,3386	1,3205	1,5373	-0,8657	2,1308
6	CkMa	R_SI_4_PA-hrib-J_1	1,5373	-0,3386	1,3205	1,5373	-0,8657	2,1308
7	OpOp	R_SI_4_SI-AL_1	2,5522	-0,5936	2,3149	2,5522	-1,0462	3,4700
8	OpCe	R_SI_4_SI-AL_1_>700	2,6472	-0,6386	2,4905	2,6472	-0,4377	1,9586
9	SdSm	R_SI_4_PA-hrib-D_1	2,8597	-0,7690	2,9991	2,8597	-0,5992	2,5137
10	SdHe	R_SI_4_PA-hrib-D_1	2,8597	-0,7690	2,9991	2,8597	-0,5992	2,5137



Mesto vzorčenja se uvrsti v razred ekološkega stanja po modulu trofičnost na podlagi enega biološkega vzorca fitobentosa tako, da se transformirano vrednost trofičnega indeksa razvrsti v razred kakovosti glede na preglednico 49.

Preglednica . Mejne vrednosti razredov kakovosti ekološkega stanja po modulu trofičnost in saprobnost na podlagi fitobentosa.

Razmerje ekološke kakovosti* -	Razred kakovosti – ekološko
$\geq 0,80$	zelo dobro
0,60 - 0,79	dobro
0,40 - 0,59	zmerno
0,20 - 0,39	slabo
$< 0,20$	zelo slabo

* rezultate se zaokroži na dve decimalni mesti.

(b) Modul saprobnost – saprobni indeks (SI)

Na podlagi SI se vrednoti predvsem vpliv obremenitev voda z organskimi snovmi in drugega onesnaženja. Saprobni indeks se izračuna po enačbi Pantle in Bucka (1955), modificirani po Zelinki in Marvanu (1961):

$$SI = \frac{\sum_{i=1}^n SW_i * G_i * H_i}{\sum_{i=1}^n G_i * H_i}$$

kjer je:

SI - Saprobni indeks,

SW_i - saprobna vrednost i-tega taksona,

G_i – teža indikacije i-tega taksona,

H_i - pogostost i-tega taksona na 500 prešteti kremenasti alg.

Saprobne vrednosti (SW) in saprobne teže indikacije (G) taksonov za izračun SI so [povzete](#) iz metodologije vrednotenja ekološkega stanja rek v Sloveniji (Urbanič in sod. 2015)

Vrednost SI je potrebno normalizirati in transformirati. Oba postopka se izvede v enem koraku s pomočjo enačb v preglednici 50. Enačbe so za tip značilne in se razlikujejo v kolikor se vanje vnese izračunane vrednosti SI višje ali nižje glede na zastavljeno vrednost (M) podano v preglednici. Izračunano vrednost SI se primerja z zastavljeno vrednostjo (M). Glede na to, ali je izračunana SI višja ali nižja od vrednosti M, se izbere transformacijsko enačbo. Dobljena vrednost je normalizirana in transformirana vrednost SI (transSI_REK).



Preglednica . Enačbe za izračun normaliziranih in transformiranih vrednosti SI za izbrana vzorčna mesta glede na kodo vzorčnega mesta (VM) in ekotip.

			trans SI_REK = A * TI + B			trans SI_REK = A * TI + B		
			za SI ≥ M			za SI < M		
	Koda VM	Ekotip	M	A	B	M	A	B
1	MtSF	R_SI_4_KB-AL-D_1_KI	1,8081	-0,4016	1,5262	1,8081	-1,8880	4,2137
2	MtOG	R_SI_4_KB-AL-D_1_KI	1,8081	-0,4016	1,5262	1,8081	-1,8880	4,2137
3	KnLo	R_SI_4_KB-AL-J_1	1,6945	-0,3800	1,4438	1,6945	-2,0074	4,2016
4	KnPo	R_SI_4_KB-AL-J_1	1,6945	-0,3800	1,4438	1,6945	-2,0074	4,2016
5	CkFr	R_SI_4_PA-hrib-J_1	1,8251	-0,4051	1,5393	1,8251	-2,2623	4,9289
6	CkMa	R_SI_4_PA-hrib-J_1	1,8251	-0,4051	1,5393	1,8251	-2,2623	4,9289
7	OpOp	R_SI_4_SI-AL_1	1,8872	-0,4182	1,5893	1,8872	-1,8765	4,3414
8	OpCe	R_SI_4_SI-AL_1 >700	1,7109	-0,3829	1,4552	1,7109	-1,8965	4,0447
9	SdSm	R_SI_4_PA-hrib-D_1	1,9827	-0,442	1,6728	1,9827	-4,3696	9,4637
10	SdHe	R_SI_4_PA-hrib-D_1	1,9827	-0,442	1,6728	1,9827	-4,3696	9,4637

Mesto vzorčenja se uvrsti v razred ekološkega stanja po modulu saprobnost na podlagi enega biološkega vzorca fitobentosa tako, da se transformirano vrednost saprobnega indeksa razvrsti v razred kakovosti glede na preglednico 49.

6.4.2 Združba fitobentosa na obravnavanih vzorčnih mestih

V preglednici 51 so predstavljeni sezname in številčnost taksonov fitobentoških kremenastih alg, ugotovljenih na desetih vzorčnih mestih. Rezultati so podani za 500 prešteti lupinic kremenastih alg. V prilogi F so predstavljene relativne (na lestvici 1-5) zastopanosti fitobentosa brez kremenastih alg. Po zastopanosti drugih vrst alg izstopa predvsem Mostnica.



Preglednica . Seznam in številčnost taksonov fitobentosa na 500 preštetih lupinic; VM – vzorčno mesto. Vrednost 0,01 označuje prisotnost taksona.

	Reka	Mostnica	Mostnica	Kneža	Kneža	Cerknica	Cerknica	Oplotnica	Oplotnica	Suhodolnica	Suhodolnica
	Vzorčno mesto	Stara Fužina	Obla Gorica	Loje	Polica	Franja	Magajne	Oplotnica	Cezlak	Smrčun	Herman
	Gauss_Krueger Y	414995	414505	411116	410224	425419	422911	534336	533597	504986	503017
	Gauss_Krueger X	128004	128842	116095	114760	111768	110348	140459	142180	146113	146529
	Datum vzorčenja	8.7.2015	8.7.2015	10.8.2015	10.8.2015	7.7.2015	7.7.2015	6.7.2015	6.7.2015	6.7.2015	6.7.2015
	Koda VM	MtSF	MtOG	KnLo	KnPo	CkFr	CkMa	OpOp	OpCe	SdSm	SdHe
Koda	Vrsta	Številčnost									
12200	<i>Cocconeis placentula</i>	19	68	20	1	29	379	93	121	71	149
12100	<i>Cocconeis pediculus</i>	5	11	3	15	5	2	0,01		3	7
12800	<i>Cymbella affinis</i>	10		2	4	3				1	0,01
21100	<i>Fragilaria ulna</i>	2	0,01	2	2	0,01	0,01	0,01	0,01		0,01
16530	<i>Gyrosigma nodiferum</i>	0,01								1	1
10800	<i>Achnanthes lanceolata</i>	0,01	0,01				5	34	29	2	7
12850	<i>Cymbella delicatula</i>	4	1								
13590	<i>Cymbella silesiaca</i>	1	2			0,01		3	0,01	1	5
11000	<i>Achnanthes minutissima</i>	412	352	327	182	56	36	194	165	272	224
18645	<i>Navicula tripunctata</i>	1	1	0,01		0,01	0,01			16	19
16000	<i>Gomphonema pumilum</i>	6	13	15	15	7	27	10	164	56	23
13825	<i>Denticula tenuis</i>	3	16	0,01		0,01				1	0,01
14900	<i>Fragilaria capucina</i> <i>v. capucina</i>	0,01	0,01	2	1			6	0,01		2
13052	<i>Cymbella minuta</i>	3	1	4	1	1		5	1	4	11
19100	<i>Nitzschia dissipata</i>	7	0,01			0,01	3	1		4	5
13860	<i>Diatoma ehrenbergii</i>	1	1	4	108						

Se nadaljuje



Preglednica 51. Nadaljevanje

	Reka	Mostnica	Mostnica	Kneža	Kneža	Cerknica	Cerknica	Oplotnica	Oplotnica	Suhodolnica	Suhodolnica
	Vzorčno mesto	Stara Fužina	Obla Gorica	Loje	Polica	Franja	Magajne	Oplotnica	Cezlak	Smrčun	Herman
	Gauss_Krueger Y	414995	414505	411116	410224	425419	422911	534336	533597	504986	503017
	Gauss_Krueger X	128004	128842	116095	114760	111768	110348	140459	142180	146113	146529
	Datum vzorčenja	8.7.2015	8.7.2015	10.8.2015	10.8.2015	7.7.2015	7.7.2015	6.7.2015	6.7.2015	6.7.2015	6.7.2015
	Koda VM	MtSF	MtOG	KnLo	KnPo	CkFr	CkMa	OpOp	OpCe	SdSm	SdHe
Koda	Vrsta	Številčnost									
12820	<i>Cymbella cesatii</i>	0,01									
18612	<i>Navicula splendicula</i>	0,01	0,01			0,01	4			0,01	
18450	<i>Navicula cryptotenella</i>	3	2	2		0,01	1			1	17
12873	<i>Cymbella helvetica</i>	0,01								0,01	0,01
13600	<i>Cymbella sinuata</i>	0,01		2	3	2	23	86	35	1	
14270	<i>Epithemia sorex</i>	0,01								0,01	
14100	<i>Diatoma mesodon</i>	0,01	5	3	0,01	0,01		1	0,01	1	1
18140	<i>Navicula menisculus</i>	0,01				0,01	1			0,01	2
19500	<i>Nitzschia sigmaidea</i>	0,01									
12900	<i>Cymbella lanceolata</i>	0,01									
10565	<i>Achnanthes biasolletiana</i>	15	11	23	30	397	15	7	3	38	8
13050	<i>Cymbella microcephala</i>	11	0,01		1						
17400	<i>Meridion circulare</i>	1	0,01							1	1
18600	<i>Navicula</i> sp.	1								1	
11300	<i>Amphora pediculus</i>	1	0,01		0,01	0,01	1			7	1
12700	<i>Cymatopleura solea</i>		0,01								
18192	<i>Navicula praeterita</i>		0,01								

Se nadaljuje



Preglednica 51. Nadaljevanje

	Reka	Mostnica	Mostnica	Kneža	Kneža	Cerknica	Cerknica	Oplotnica	Oplotnica	Suhodolnica	Suhodolnica
	Vzorčno mesto	Stara Fužina	Obla Gorica	Loje	Polica	Franja	Magajne	Oplotnica	Cezlak	Smrčun	Herman
	Gauss_Krueger Y	414995	414505	411116	410224	425419	422911	534336	533597	504986	503017
	Gauss_Krueger X	128004	128842	116095	114760	111768	110348	140459	142180	146113	146529
	Datum vzorčenja	8.7.2015	8.7.2015	10.8.2015	10.8.2015	7.7.2015	7.7.2015	6.7.2015	6.7.2015	6.7.2015	6.7.2015
	Koda VM	MtSF	MtOG	KnLo	KnPo	CkFr	CkMa	OpOp	OpCe	SdSm	SdHe
Koda	Vrsta	Številčnost									
16325	<i>Gomphonema tergestinum</i>		0,01	42	22						
12000	<i>Fragilaria arcus</i>		0,01	3	0,01	0,01					
11200	<i>Amphora ovalis</i>		0,01								
13400	<i>Cymbella prostrata</i>		0,01	0,01						0,01	0,01
16100	<i>Gomphonema olivaceum</i>			25	6	3	2	1			
15960	<i>Gomphonema minutum</i>			19	2			34			
14000	<i>Diatoma moniliformis</i>			6	105						
18200	<i>Navicula pupula</i>			0,01	0,01						
16200	<i>Gomphonema parvulum</i>			0,01							
19300	<i>Nitzschia linearis</i>			0,01		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	1
14825	<i>Fragilaria capucina v. austriaca</i>			2	8						0,01
19200	<i>Nitzschia fonticola</i>			0,01						4	5
11500	<i>Amphipleura pellucida</i>			0,01							1
14500	<i>Eunotia arcus</i>			0,01						0,01	

Se nadaljuje



Preglednica 51. Nadaljevanje

	Reka	Mostnica	Mostnica	Kneža	Kneža	Cerknica	Cerknica	Oplotnica	Oplotnica	Suhodolnica	Suhodolnica
	Vzorčno mesto	Stara Fužina	Obla Gorica	Loje	Polica	Franja	Magajne	Oplotnica	Cezlak	Smrčun	Herman
	Gauss_Krueger Y	414995	414505	411116	410224	425419	422911	534336	533597	504986	503017
	Gauss_Krueger X	128004	128842	116095	114760	111768	110348	140459	142180	146113	146529
	Datum vzorčenja	8.7.2015	8.7.2015	10.8.2015	10.8.2015	7.7.2015	7.7.2015	6.7.2015	6.7.2015	6.7.2015	6.7.2015
	Koda VM	MtSF	MtOG	KnLo	KnPo	CkFr	CkMa	OpOp	OpCe	SdSm	SdHe
Koda	Vrsta	Številčnost									
11730	<i>Caloneis bacillum</i>			1							2
16900	<i>Ellerbeckia arenaria</i>			0,01							
14200	<i>Diatoma vulgaris</i>					0,01				1	2
18460	<i>Navicula reichardtiana</i>					2	3	0,01		2	1
18125	<i>Navicula lanceolata</i>					1	0,01	2			
18050	<i>Navicula gregaria</i>					0,01	7	6		4	
15200	<i>Fragilaria</i> sp.					0,01					
20723	<i>Surirella brebissonii</i>						0,01			0,01	2
11125	<i>Amphora aequalis</i>						0,01				
15850	<i>Gomphonema gracile</i>							0,01			
16300	<i>Gomphonema</i> sp.							3		2	5
17673	<i>Navicula clementis</i>							0,01			
17675	<i>Navicula contenta</i>							0,01			
15780	<i>Gomphonema clavatum</i>							1			
11100	<i>Achnanthes</i> sp.							0,01	5	6	
13100	<i>Cymbella naviculiformis</i>							0,01		1	

Se nadaljuje



Preglednica 51. Nadaljevanje

	Reka	Mostnica	Mostnica	Kneža	Kneža	Cerknica	Cerknica	Oplotnica	Oplotnica	Suhodolnica	Suhodolnica
	Vzorčno mesto	Stara Fužina	Obla Gorica	Loje	Polica	Franja	Magajne	Oplotnica	Cezlak	Smrčun	Herman
	Gauss_Krueger Y	414995	414505	411116	410224	425419	422911	534336	533597	504986	503017
	Gauss_Krueger X	128004	128842	116095	114760	111768	110348	140459	142180	146113	146529
	Datum vzorčenja	8.7.2015	8.7.2015	10.8.2015	10.8.2015	7.7.2015	7.7.2015	6.7.2015	6.7.2015	6.7.2015	6.7.2015
	Koda VM	MtSF	MtOG	KnLo	KnPo	CkFr	CkMa	OpOp	OpCe	SdSm	SdHe
Koda	Vrsta	Številčnost									
20050	<i>Pinnularia viridis</i>								0,01	0,01	
21400	<i>Tabellaria flocculosa</i>								0,01		
14220	<i>Diploneis oblongella</i>								0,01		
17440	<i>Navicula angusta</i>								0,01		
15450	<i>Frustulia vulgaris</i>								0,01	0,01	0,01
20700	<i>Surirella angusta</i>								1,00	0,01	
17600	<i>Navicula bacillum</i>									0,01	
19230	<i>Nitzschia heufleriana</i>									0,01	2
18700	<i>Navicula viridula</i>									0,01	
17300	<i>Melosira varians</i>									0,01	0,01
21050	<i>Fragilaria parasitica</i>									0,01	
15300	<i>Fragilaria pinnata</i>									0,01	
19700	<i>Nitzschia</i> sp.									1	
18620	<i>Navicula subhamulata</i>									1	



6.5 Ribe

Vrednotenje ekološkega stanja voda na podlagi rib zajema vzorčenje rib, določitev vrst, analizo podatkov, izračun indeksa ter umestitev vzorčnih mest v razred ekološkega stanja (Urbanič in sod., 2013).

6.5.1 Metode

V mesecu juliju smo na izbranih vzorčnih mestih izvedli vzorčenje rib z oceno vrstnega sestava in velikosti ribjih populacij, s čimer smo pridobili tudi ustrezne podatke za ovrednotenje ekološkega stanja na podlagi rib (Preglednica 23).

Z vsakim izbranim vodotokom upravlja druga ribiška družina (RD), prav tako se načini upravljanja med posameznimi vodotoki razlikujejo. Z Mostnico upravlja RD Bohinj, Knežo RD Tolmin, Cerknico RD Idrija, Oplotnico RD Slovenska Bistrica in Suhodolnico RD Koroška. Vzorčna mesta Stara Fužina, Loje, Polica, Oplotnica, Cezlak, Smrčun in Herman ležijo v ribolovnem revirju, Obla gorica v rezervatu za ohranjanje populacij domorodnih vrst rib, Franja in Magajne pa v salmonidnem gojitvenem revirju. V ribolovnem revirju se izvaja športni ribolov, v rezervatu za ohranjanje populacij domorodnih vrst rib se ne izvaja nobenih aktivnosti, v salmonidnem gojitvenem revirju pa sonaravno gojitev na klasičen način. Slednje pomeni, da ribiška družina v potok vloži določeno število iker z očmi, zarod ali mladice postrvi (v našem primeru soške postrvi), jih po dveh letih iz potoka izlovi in vloži v ribolovni revir.

Vzorčenje rib

Vsi izbrani vodotoki so bili plitvi in prebrodljivi z globinami do 1,0 m, zato smo vzorčenje rib na izbranih lokacijah izvedli z elektroribolovom z brodenjem. Elektroribolov v prebrodljivih vodotokih s pomočjo nahrbtnnega elektroagregata izvaja izlovna ekipa, ki jo sestavlja več članov, odvisno od širine struge vodotoka. V majhnih potokih, širine okoli 5 m šteje izlovna ekipa 4 člane. Elektroribič upravlja z anodo, prvi pomočnik s sakom zajema ribe, drugi pomočnik na hrbtu nosi elektroagregat, tretji pomočnik v roki nosi plastično vedro, v katerega zbira ujete ribe (slika 79). Pri izlovu smo uporabljali nahrbtnni elektroagregat tipa ELT 60 GI, 300/550 V, proizvajalca Hans Grassl GmbH. Pred elektroizlovom smo strugo preiskovanega odseka vodotoka na zgornjem delu prečno omejili z zaporno mrežo, s čimer smo preprečili uhajanje rib po strugi navzgor. Namesto zaporne mreže si na terenu lahko pomagamo z izkoriščanjem naravnih pregrad kot so nižji pragovi ali skalne pregrade, ki so v času izlova neprehodne za ribe, ob običajnih migracijah rib pa jim pri prehajanju ne povzročajo težav.



Slika . Elektroribolov z brodenjem

Izlov rib je potekal v smeri proti vodnem toku, da kalnost vode zaradi brodenja po strugi ni vplivala na učinkovitost izlova. Izlovna ekipa se je premikala počasi, elektroribič je sistematično s kratkimi potezi anode skozi vodni habitat pritegnil ribe iz bližnje okolice in skrivališč, omamljene ribe je prvi pomočnik polovil s sakom in jih podal tretjemu pomočniku v vedro z vodo. V hitrotekoči vodi je elektroizlov rib učinkovitejši, če pomočnik s sakom sledi tik pod anodo elektroribiča. Pri izlovu je treba paziti tudi, da elektroribič med elektroribolovom anode ne postavi preblizu dna. S tem se prepreči imobilizacija osebkov v skrivališčih, kjer so težko ali nedosegljivi.

Na istem, tako omejenem odseku struge (njegova običajna dolžina je bila 100 m) smo izlov rib ponovili dvakrat (Seber in LeCren, 1967) ob enakem ribolovnem naporu. Vsako ujeto ribo smo določili do vrste po zunanjih morfoloških znakih, zmerili njeno totalno dolžino (TL) na mm natančno in tehtali na g natančno. Pred meritvami smo ribe narkotizirali. Pri našem delu smo uporabili Ethylen glycol monophenyl ether. Po obdelavi smo narkotizirane ribe premestili v kadi s svežo vodo, kjer so se prebudile iz narkoze ter pričele plavati ter jih spustili v mirno območje vodotoka blizu brega, na mestu odlova.

Naseljenost posameznih vrst rib smo ocenili po metodi »dveh izlovov«, ki sta jo postavila Seber in LeCren (1967). Pri tej metodi na določenem odseku naredimo najprej prvi izlov, nato pa ob enakem ribolovnem naporu še drugega. Med izlovi se rib ne vrača na odsek. Velikost populacije (N), njeno varianco (σ^2) in standardno napako (σ) se izračuna po naslednjih enačbah:



$$N = \frac{C_1^2}{(C_1 - C_2)} \quad (1)$$

$$\sigma^2 = \frac{C_1^2 C_2^2 (C_1 + C_2)}{(C_1 - C_2)^4} \quad (2)$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} \quad (3)$$

$$p = \frac{(C_1 - C_2)}{C_1} \quad (4)$$

Kjer je

C_1 – število ujetih rib v prvem izlovu

C_2 – število ujetih rib v drugem izlovu

p – verjetnost ulova

Ocena je nepristranska, kadar je $p \geq 0,80$, in dokaj nezanesljiva, kadar je $p \leq 0,20$.

Naseljenost smo izračunali kot abundanco (število osebkov) in biomaso (kg), ki smo ju izrazili na hektar (ha).



6.5.2 Ribje združbe na obravnavanih vzorčnih mestih

Mostnica

V Mostnici smo na spodnji lokaciji (Stara Fužina) ujeli štiri vrste rib, tri so domorodne (kapelj (slika 80), lipan, potočna postrv), ena tujerodna (šarenka), medtem ko sta bili na zgornji lokaciji (Obla gorica) v ulovu prisotni le dve domorodni vrsti (kapelj, potočna postrv).

Preglednica . Ocena skupne abundance in ocene abundance posameznih vrst rib na vzorčnih mestih vodotoka Mostnica (1 – Stara Fužina; 2 – Obla gorica)

ZS	koda VM ZZRS	iz. površina (ha)	vrsta ribe	1. izlov (št)	2. izlov (št)	skupaj (št)	ocena abundance (št)	
							vzorec	ha
1	MtSF0715	0,06	kapelj	33	14	47	57	955
			lipan	15	0	15	15	250
			potočna postrv	7	1	8	8	136
			šarenka	13	11	24	85	1408
			skupaj	68	26	94	165	2749
2	MtOG0715	0,08	kapelj	8	4	12	16	200
			potočna postrv	80	28	108	123	1538
			skupaj	88	32	120	139	1738



Slika . Kapelj (ZZRS, 2015)

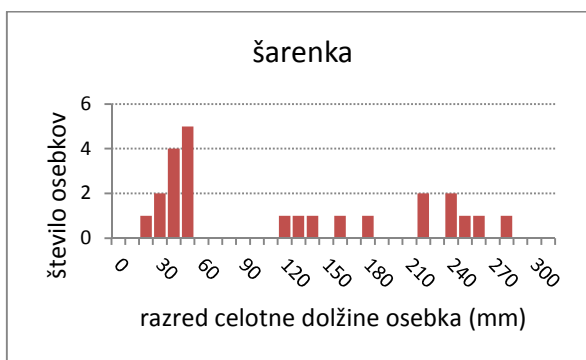
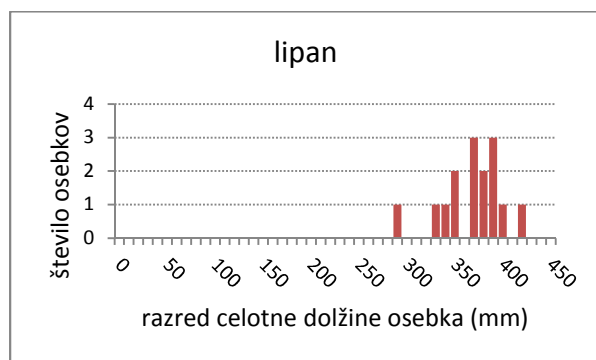
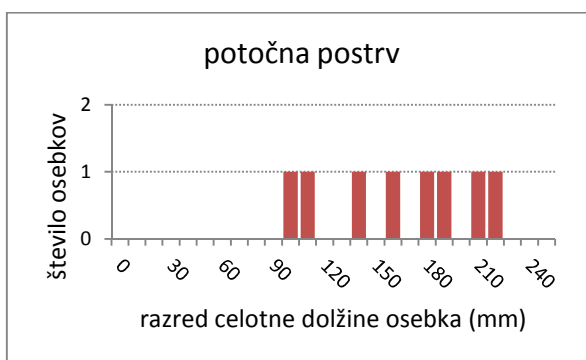
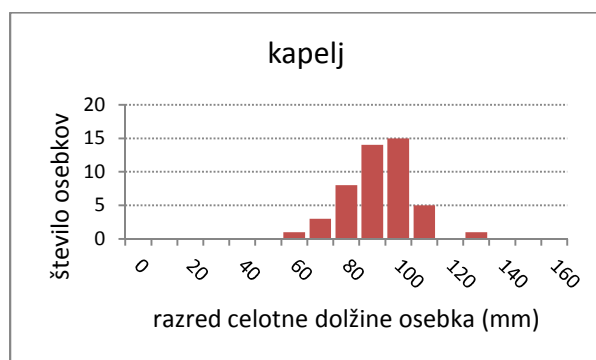
Ocena naseljenosti, tako ocena skupne abundance (preglednica 52) kot ocena skupne biomase (preglednica 53), sta na zgornjem odseku Mostnice nižji (1738 rib/ha; 82,42 kg/ha) kot na spodnjem (2749 rib/ha; 156,02 kg/ha), vendar združbo predstavljata obe vrsti, ki naravno sodita v ta vodotok. Na spodnjem odseku sta v združbi tudi dve vrsti, lipan in



šarenka, ki tja ne sodita. Lipan v ta odsek vodotoka zahaja iz Save Bohinjke, medtem ko je prisotnost šarenke posledica vlaganj za namen ribolova. Naseljenost lipana smo ocenili na 250 rib/ha oziroma 112,88 kg/ha, naseljenost šarenke pa na 1408 rib/ha oziroma 21,92 kg/ha. Obe vrsti na tem odseku predstavljata znaten del združbe rib, ki v abundanci znaša 60 %, v biomasi pa kar 86 %.

Preglednica . Ocena skupne biomase in ocene biomase posameznih vrst rib na vzorčnih mestih vodotoka Mostnica (1 – Stara Fužina; 2 – Obla gorica)

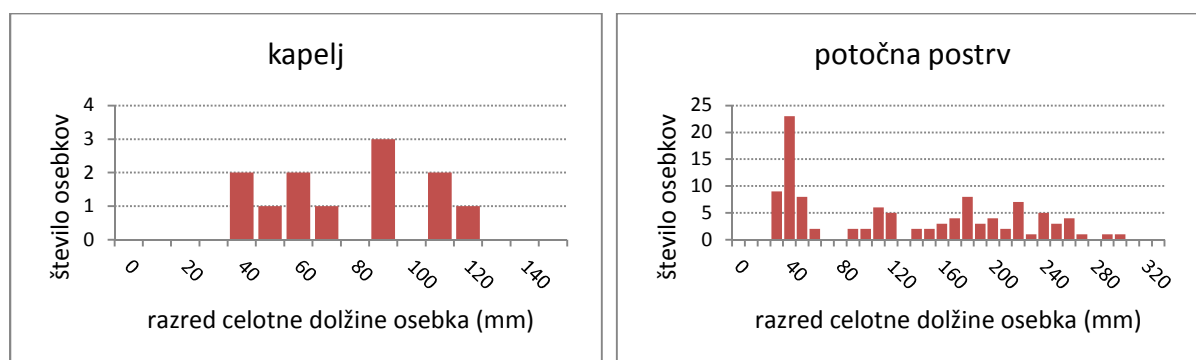
ZS	koda VM ZZRS	iz. površina (ha)	vrsta ribe	1. izlov (kg)	2. izlov (kg)	skupaj (kg)	ocena biomase (kg)	
							vzorec	ha
1	MtSF0715	0,06	kapelj	0,41	0,18	0,59	0,74	12,39
			lipan	6,77	0,00	6,77	6,77	112,88
			potočna postrv	0,36	0,12	0,47	0,53	8,80
			šarenka	1,26	0,05	1,31	1,32	21,92
			skupaj	8,80	0,35	9,15	9,36	156,02
2	MtOG0715	0,08	kapelj	0,10	0,04	0,13	0,15	1,91
			potočna postrv	5,42	0,86	6,28	6,44	80,51
			skupaj	5,52	0,89	6,41	6,59	82,42



Slika . Dolžinsko frekvenčni histogram kaplja, potočne postrvi, lipana in šarenke v Mostnici na VM Stara Fužina



Dolžinsko frekvenčni histogrami na vzorčnem mestu Stara Fužina (slika 81) kažejo na porušeno starostno strukturo populacije pri potočni postrvi, saj so bile v vzorcu prisotne poleg dveh mlajših osebkov le posamezne starejše ribe, in lipanu, kjer so bili v vzorcu prisotni le stare ribe. Starostna struktura kaplja je dokaj dobra, čeprav je mladih osebkov malo. Pri tem je treba poudariti, da je kapelj majhna vrsta, ki živi na dnu struge med kamenjem in ga ob izlovu zlahka spregledamo kar v praksi velikokrat pomeni manjši ulov majhnih osebkov od realnega. Starostna struktura tujerodne šarenke nam nakazuje, da se le ta v Mostnici tudi drsti in njena prisotnost ni več zgolj posledica vlaganj za namen ribolova.



Slika . Dolžinsko frekvenčni histogram kaplja in potočne postrvi v Mostnici na VM Obla gorica

Dolžinsko frekvenčni histogrami na vzorčnem mestu Obla gorica (slika 82) kažejo na stabilno starostno strukturo populacije potočni postrvi, pri kateri so bile v vzorcu prisotne poleg relativno velikega števila mlajših osebkov tudi starejše ribe vseh velikosti. Podobno, vendar nekoliko manj izrazito je bilo tudi pri populaciji kaplja, razlog pa je isti, kot smo ga omenili že na spodnji lokaciji.

Kneža

V Kneži smo na spodnji lokaciji (Polica) ujeli dve domorodni vrsti rib (kapelj, soška postrv) ter križance med soško in potočno postrvjo, medtem ko sta bili na zgornji lokaciji (Loje) v ulovu prisotni le soška postrv in križanec med soško in potočno postrvjo.



Preglednica . Ocena skupne abundance in ocene abundance posameznih vrst rib na vzorčnih mestih vodotoka Kneža (3 – Loje; 4 – Polica); sp x pp – soška postrv x potočna postrv

ZS	koda VM ZZRS	iz. površina (ha)	vrsta ribe	1. izlov (št)	2. izlov (št)	skupaj (št)	ocena abundance (št)	
							vzorec	ha
3	KnLo0715	0,035	križanec sp x pp	9	4	13	16	463
			soška postrv	20	5	25	27	762
			skupaj	29	9	38	43	1225
4	KnPo0715	0,03	kapelj	19	16	35	120	4011
			križanec sp x pp	2	0	2	2	67
			soška postrv	21	3	24	25	817
			skupaj	42	19	61	147	4894

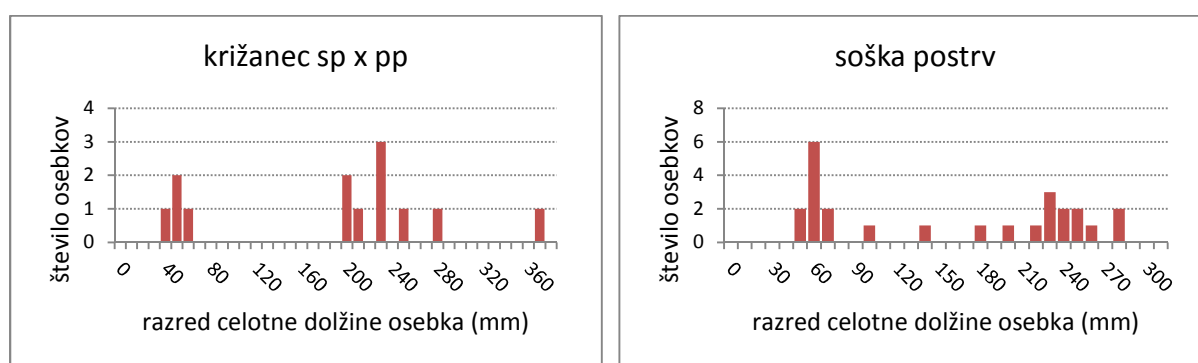
Preglednica . Ocena skupne biomase in ocene biomase posameznih vrst rib na vzorčnih mestih vodotoka Kneža (3 – Loje; 4 – Polica)

ZS	koda VM ZZRS	iz. površina (ha)	vrsta ribe	1. izlov (kg)	2. izlov (kg)	skupaj (kg)	ocena biomase (kg)	
							vzorec	ha
3	KnLo0715	0,035	križanec sp x pp	1,10	0,32	1,42	1,56	44,50
			soška postrv	1,79	0,14	1,93	1,94	55,47
			skupaj	2,88	0,47	3,35	3,50	99,97
4	KnPo0715	0,03	kapelj	0,15	0,15	0,30	7,22	240,55
			križanec sp x pp	0,55	0,00	0,55	0,55	18,40
			soška postrv	1,01	0,01	1,01	1,01	33,82
			skupaj	1,71	0,16	1,87	8,78	292,77

Ocena naseljenosti, tako ocena skupne abundance (preglednica 54) kot ocena skupne biomase (preglednica 55), sta na zgornjem odseku Kneže nižji (1225 rib/ha; 99,97 kg/ha) kot na spodnjem (4894 rib/ha; 292,77 kg/ha). Soška postrv (slika 83) in kapelj sta značilni vrsti v združbi, križanci med soško postrvjo in potočno postrvjo so posledica vlaganj potočnih postrvi v vodotoke jadranskega povodja za namen ribolova. Ocena naseljenosti, tako abundance kot biomase soške postrvi je bila na obeh odsekih dokaj podobna, večja razlika nastane z kapljem na spodnjem odseku. Njegovo naseljenost smo ocenili na 4011 rib/ha oziroma 240,55 kg/ha. Vrsta na tem odseku predstavlja znaten del združbe rib, v abundanci in biomas kar 82%.

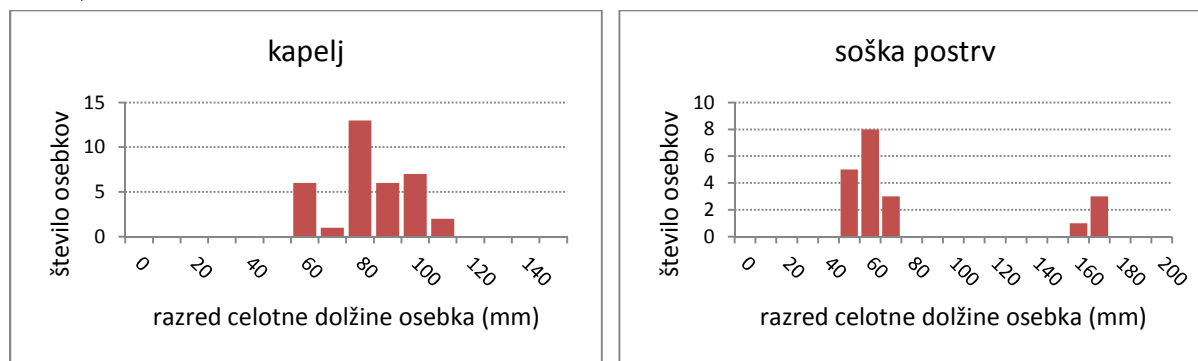


Slika . Soška postrv (ZZRS, 2015)



Slika . Dolžinsko frekvenčni histogram križanca in soške postrvi v Kneži na VM Loje

Dolžinsko frekvenčni histogrami na vzorčnem mestu Loje (slika 84) kaže na dokaj stabilno starostno strukturo populacije soške postrvi, kjer so bile v vzorcu prisotne poleg relativno velikega števila mlajših osebkov tudi starejše ribe vseh velikosti.



Slika . Dolžinsko frekvenčni histogram kaplja in soške postrvi v Kneži na VM Polica

Dolžinsko frekvenčni histogrami na vzorčnem mestu Polica (slika 85) kaže na porušeno starostno strukturo populacije soške postrvi, saj so bile v vzorcu prisotne večinoma le mlade ribe. Starostna struktura kaplja je dokaj dobra, čeprav je mladih osebkov malo. Pri tem je treba poudariti, da je kapelj majhna vrsta, ki živi na dnu struge med kamenjem in ga ob izlovu zlahka spregledamo, kar v praksi velikokrat pomeni manjši ulov majhnih osebkov od realnega.

Cerknica

V Cerknici smo na spodnji lokaciji (Magajne) ujeli domorodno soško postrv ter tujerodno šarenko medtem ko sta bili na zgornji lokaciji (Franja) v ulovu poleg omenjenih dveh še tujerodna potočna postrv in dva križanca, križanec med soško in potočno postrvjo ter križanec med klenom in štrkavcem.



Preglednica . Ocena skupne abundance in ocene abundance posameznih vrst rib na vzorčnih mestih vodotoka Cerknica (5 – Franja; 6 – Magajne); kl x št – klen x štrkavec; sp x pp – soška postrv x potočna postrv

ZS	koda VM ZZRS	iz. površina (ha)	vrsta ribe	1. izlov (št)	2. izlov (št)	skupaj (št)	ocena abundance (št)	
							vzorec	ha
5	CkFr0715	0,025	križanec kl x št	4	0	4	4	160
			križanec sp x pp	21	3	24	25	980
			potočna postrv	4	0	4	4	160
			soška postrv	92	12	104	106	4232
			šarenka	5	0	5	5	200
			skupaj	126	15	141	143	5732
6	CkMa0715	0,04	soška postrv	50	11	61	64	1603
			šarenka	41	22	63	88	2212
			skupaj	91	33	124	153	3814

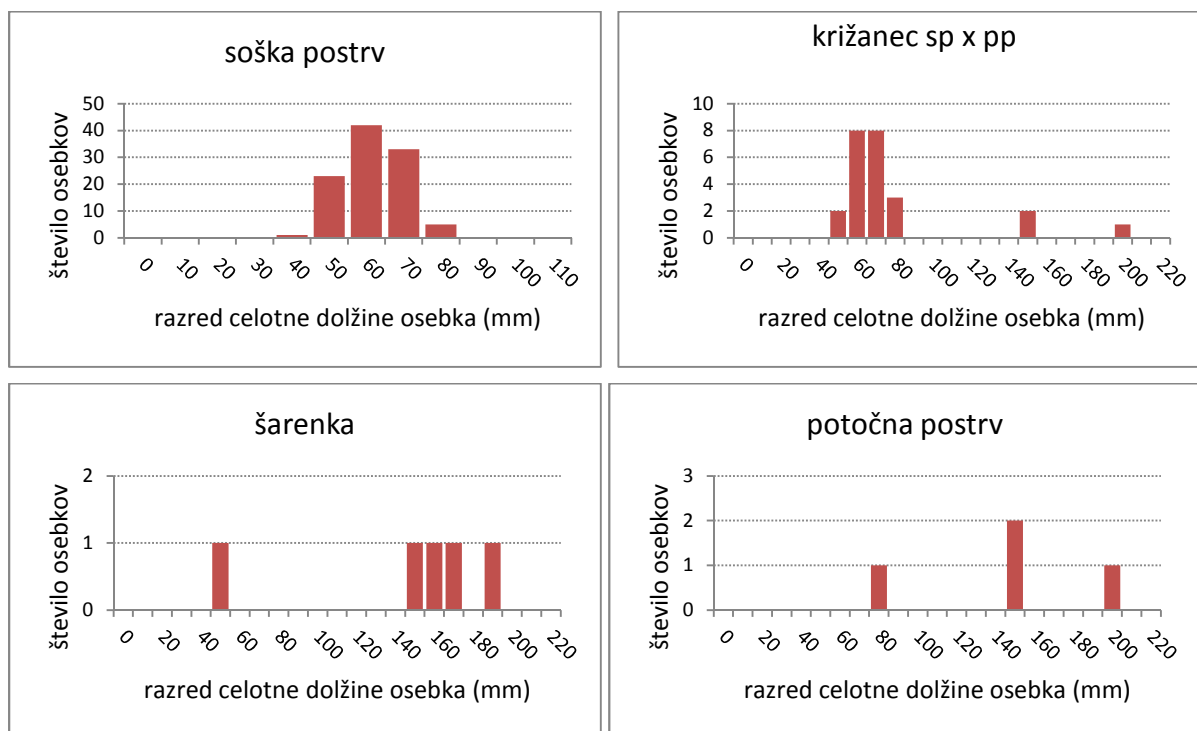
Preglednica . Ocena skupne biomase in ocene biomase posameznih vrst rib na vzorčnih mestih vodotoka Cerknica (5 – Franja; 6 – Magajne)

ZS	koda VM ZZRS	iz. površina (ha)	vrsta ribe	1. izlov (kg)	2. izlov (kg)	skupaj (kg)	ocena biomase (kg)	
							vzorec	ha
5	CkFr0715	0,025	križanec kl x št	0,08	0,00	0,08	0,08	3,28
			križanec sp x pp	0,21	0,01	0,23	0,23	9,11
			potočna postrv	0,16	0,00	0,16	0,16	6,34
			soška postrv	0,27	0,04	0,31	0,31	12,42
			šarenka	0,22	0,00	0,22	0,22	8,95
			skupaj	0,95	0,05	1,00	1,00	40,10
6	CkMa0715	0,04	soška postrv	0,17	0,04	0,21	0,22	5,50
			šarenka	0,41	0,12	0,53	0,59	14,67
			skupaj	0,58	0,16	0,74	0,81	20,17

Ocena naseljenosti, tako ocena skupne abundance (preglednica 56) kot ocena skupne biomase (preglednica 57), sta na zgornjem odseku Cerknice višji (5732 rib/ha; 40,10 kg/ha) kot na spodnjem (3814 rib/ha; 20,17 kg/ha). Soška postrv je značilna vrsta v združbi, križanci med soško postrvjo in potočno postrvjo (slika 86) so posledica vlaganj potočnih postrvi v vodotoke jadranskega povodja za namen ribolova, križanci med klenom in štrkavcem so po vsej verjetnosti tudi posledica ribiških dejavnosti, šarenke pa najverjetneje izvirajo iz bližnjega ribogojstva, čeprav je njihovo število dokaj visoko. Ocena naseljenosti, predvsem abundance soške postrvi je bila na zgornjem odseku visoka. Njeno naseljenost smo ocenili na 4232 rib/ha oziroma 12,42 kg/ha. Vrsta na tem odseku predstavlja znaten del združbe rib v abundanci 74 %, v biomas pa le 31 %.



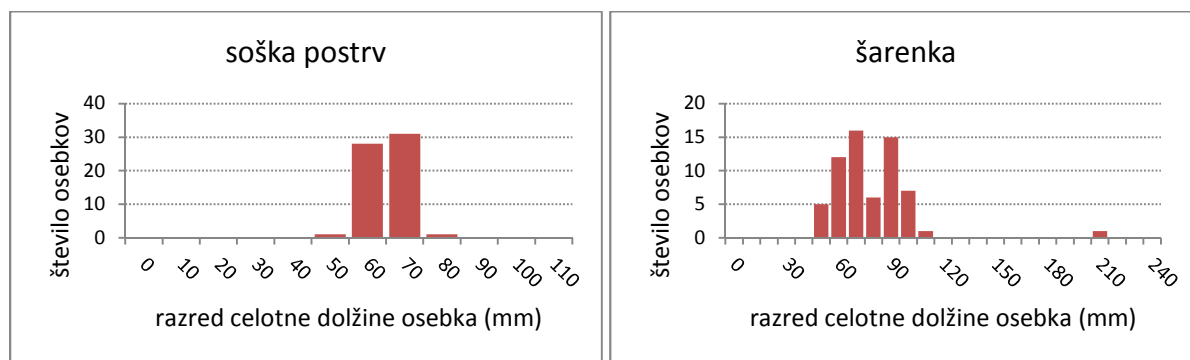
Slika . Križanec med soško in potočno postrvjo (ZZRS, 2015)



Slika . Dolžinsko frekvenčni histogram soške postrvi, križanca med soško in potočno postrvjo, šarenke in potočne postrvi v Cerknici na VM Franja



Dolžinsko frekvenčni histogrami na vzorčnem mestu Franja (slika 87) kaže na porušeno starostno strukturo populacije soške postrvi, saj so bile v vzorcu prisotne le mlade ribe. To ni presenečenje, saj je Cerknica na tem odseku salmonidni gojitveni potok, kar pomeni da ribiška družina ciklično ribe na tem delu odlovi in vloži nove (zarod). Najdba zaroda šarenke nakazuje tudi na njeno verjetno vsaj občasno uspešno drst.



Slika . Dolžinsko frekvenčni histogram soške postrvi in šarenke v Cerknici na VM Magajne

Dolžinsko frekvenčni histogrami na vzorčnem mestu Magajne (slika 88) kaže na porušeno starostno strukturo populacije soške postrvi, saj so bile v vzorcu prisotne le mlade ribe. Stanje je podobno kot na zgornjem odseku, saj je tudi tu Cerknica še vedno salmonidni gojitveni potok, kar pomeni da ribiška družina ciklično ribe na tem delu odlovi in vloži nove (zarod). Najdba večjega števila zaroda šarenke in le ene starejše ribe nakazuje, ob tem da je v bližini ribogojni obrat, na verjetni pobeg iz le tega.

Oplotnica

V Oplotnici smo na obeh lokacijah, spodnji (Oplotnica) in zgornji (Cezlak), ujeli le eno vrsto, domorodno potočno postrv.

Preglednica . Ocena skupne abundance in ocene abundance posameznih vrst rib na vzorčnih mestih vodotoka Oplotnica (7 – Oplotnica; 8 – Cezlak)

ZS	koda VM ZZRS	iz. površina (ha)	vrsta ribe	1. izlov (št)	2. izlov (št)	skupaj (št)	ocena abundance (št)	
							vzorec	ha
7	OpOp0715	0,03	potočna postrv	38	20	58	80	2674
	skupaj			38	20	58	80	2674
8	OpCe0715	0,03	potočna postrv	63	22	85	97	3227
	skupaj			63	22	85	97	3227



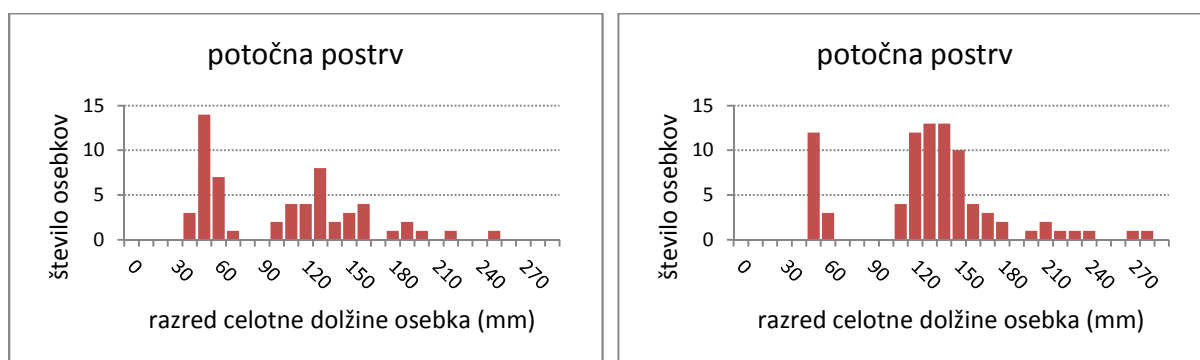
Preglednica . Ocena skupne biomase in ocene biomase posameznih vrst rib na vzorčnih mestih vodotoka Oplotnica (7 – Oplotnica; 8 – Cezlak)

ZS	koda VM ZZRS	iz. površina (ha)	vrsta ribe	1. izlov (kg)	2. izlov (kg)	skupaj (kg)	ocena biomase (kg)	
							vzorec	ha
7	OpOp0715	0,03	potočna postrv	0,98	0,31	1,29	1,44	47,91
			skupaj	0,98	0,31	1,29	1,44	47,91
8	OpCe0715	0,03	potočna postrv	2,08	0,72	2,80	3,18	105,92
			skupaj	2,08	0,72	2,80	3,18	105,92

Ocena naseljenosti, tako ocena skupne abundance (preglednica 58) kot ocena skupne biomase (preglednica 59), sta na zgornjem odseku Oplotnice višji (3227 rib/ha; 105,92 kg/ha) kot na spodnjem (2674 rib/ha; 47,91 kg/ha). Potočna postrv (slika 89) je značilna vrsta v združbi, v takih vodotokih in na Pohorju večinoma edina.



Slika . Potočna postrv (ZZRS, 2015)



Slika . Dolžinsko frekvenčni histogram potočne postrvi v Oplotnici na VM Oplotnica (levo) in v Oplotnici na VM Cezlak (desno)



Dolžinsko frekvenčni histogrami na obeh vzorčnih mestih, tako na Oplotnici kot Cezlaku (slika 90), kažejo stabilno starostno strukturo populacije potočne postrvi, saj so bile v vzorcu prisotne poleg relativno velikega števila mlajših osebkov tudi starejše ribe vseh velikosti.

Suhodolnica

V Suhodolnici smo na spodnji lokaciji (Smrčun) ujeli domorodno potočno postrv, medtem ko je bil na zgornji lokaciji (Herman) poleg omenjene v ulovu prisoten tudi kapelj.

Preglednica . Ocena skupne abundance in ocene abundance posameznih vrst rib na vzorčnih mestih vodotoka Suhodolnica (9 – Smrčun; 8 – Herman)

ZS	koda VM ZZRS	iz. površina (ha)	vrsta ribe	1. izlov (št)	2. izlov (št)	skupaj (št)	ocena abundance (št)	
							vzorec	ha
9	SdSm0715	0,037	potočna postrv	296	105	401	459	12398
		skupaj		296	105	401	459	12398
10	SdHe0715	0,03	kapelj	20	5	25	27	889
			potočna postrv	115	38	153	172	5725
		skupaj		135	43	178	198	6614

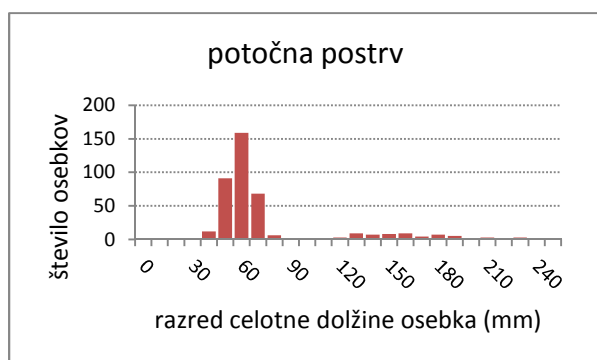
Preglednica . Ocena skupne biomase in ocene biomase posameznih vrst rib na vzorčnih mestih vodotoka Suhodolnica (9 – Smrčun; 10 – Herman)

ZS	koda VM ZZRS	iz. površina (ha)	vrsta ribe	1. izlov (kg)	2. izlov (kg)	skupaj (kg)	ocena biomase (kg)	
							vzorec	ha
9	SdSm0715	0,037	potočna postrv	3,52	0,42	3,94	3,99	107,90
			skupaj	3,52	0,42	3,94	3,99	107,90
10	SdHe0715	0,03	kapelj	0,41	0,12	0,53	0,58	19,36
			potočna postrv	2,51	0,34	2,85	2,90	96,80
			skupaj	2,92	0,46	3,38	3,48	116,16



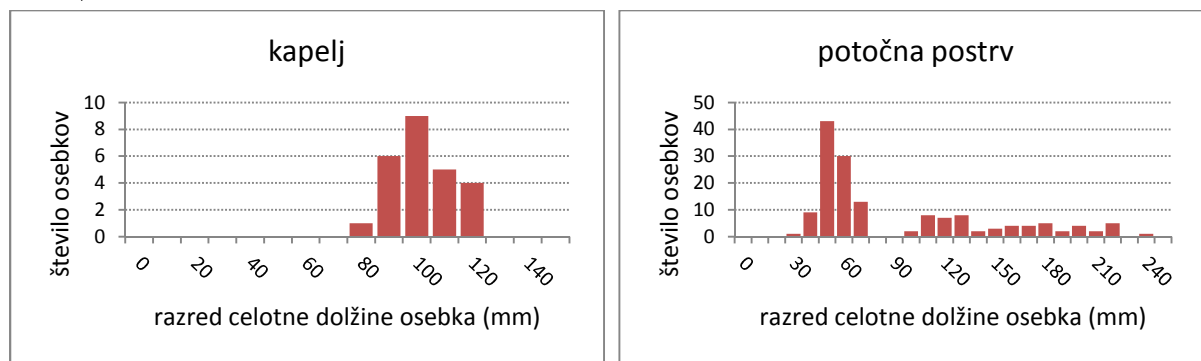
Slika . Potočna postrv (ZZRS, 2015)

Ocena naseljenosti, ocena skupne abundance (preglednica 60) je bila višja (12398 rib/ha) kot na zgornjem (6614 rib/ha), medtem ko je bila ocena skupne biomase (preglednica 61) ravno obratno na spodnjem odseku Suhodolnice nekaj nižja (107,90 kg/ha) kot na zgornjem (116,16 kg/ha). Potočna postrv (slika 89) in kapelj sta značilni vrsti v združbi, ocena naseljenosti potočne postrvi (5725 rib/ha; 96,80 kg/ha) pa veliko višja kot kaplja (889 rib/ha; 19,36 kg/ha).



Slika . Dolžinsko frekvenčni histogram potočne postrvi v Suhodolnici na VM Smrčun

Dolžinsko frekvenčni histogrami na vzorčnem mestu Smrčun (slika 92) kaže na stabilno starostno strukturo populacije potočne postrvi, saj so bile v vzorcu prisotne poleg relativno velikega števila mlajših osebkov tudi starejše ribe vseh velikosti.



Slika . Dolžinsko frekvenčni histogram kaplja in potočne postrvi v Suhodolnici na VM Herman

Dolžinsko frekvenčni histogrami na vzorčnem mestu Herman (slika 93) kažejo na stabilno starostno strukturo populacije potočne postrvi, pri kateri so bile v vzorcu prisotne poleg relativno velikega števila mlajših osebkov tudi starejše ribe vseh velikosti. Podobno, vendar nekoliko manj izrazito, je bilo tudi pri populaciji kaplja, razlog pa je isti, kot smo ga omenili že pri Mostnici.



6.6 Ocena ekološkega stanja

Ekološko stanje smo ocenili na podlagi vseh treh bioloških elementov kakovosti, in sicer tako, da smo na podlagi izračunanih vrednosti indeksov vzorčna mesta uvrstili v razred ekološkega stanja po modulih.

Vrednosti izračunanih razmerij ekološke kakovosti in ocene ekološkega stanja z biološkimi elementi kakovosti po posameznih modulih so zbrane v preglednici 62. V skladu z metodologijo smo na podlagi bentoških nevretenčarjev oceno ekološkega stanja naredili za vsako četrtino vzorca posebej za vsako vzorčno mesto, razen za vzorčno mesto Oplotnica, Oplotnica. Ekološki tip reke Oplotnice je na tem odseku R_SI_4_SI-AL_1, za ta tip pa se pri oceni ekološkega stanja z bentoškimi nevretenčarji upošteva polovica vzorca.



Preglednica . Vrednosti razmerij ekološke kakovosti (REK) in ocene ekološkega stanja z biološkimi elementi kakovosti. VM – vzorčno mesto

Biološki element			BENTOŠKI NEVRETEŃARJI				FITOBENTOS				RIBE	
Modul			SAPROBNOST		HIDROMORFOLOŠKA SPREMNJENOST/ SPLOŠNA DEGRADIRANOST		SAPROBNOST		TROFIČNOST		SPLOŠNA DEGRADIRANOST	
Reka	Kraj	Koda VM	SIG3 (REK)	RAZRRED	SMEIH (REK)	RAZRRED	SI (REK)	RAZRRED	TI (REK)	RAZRRED	SIFAIR (REK)	RAZRRED
Mostnica	Obla Gorica	MtOG	1,00	zelo dobro	0,62-0,63	dobro	1,08	zelo dobro	1,11	zelo dobro	0,60	dobro
Mostnica	Stara Fužina	MtSF	1,00	zelo dobro	0,73	dobro	1,17	zelo dobro	1,23	zelo dobro	0,60	dobro
Kneža	Loje	KnLo	1,00	zelo dobro	0,73-0,78	dobro	0,77	dobro	0,98	dobro	0,80	zelo dobro
Kneža	Polica	KnPo	1,00	zelo dobro	0,74-0,80	dobro	0,78	dobro	0,84	dobro	0,66	dobro
Kneža	Loje1	KnLo1	1,00	zelo dobro	0,71	dobro	/		/		/	
Kneža	Polica	KnPo	1,00	zelo dobro	0,67-0,71	dobro	/		/		/	
Cerknica	Franja	CkFr	1,00	zelo dobro	0,80-0,81	zelo dobro	1,65	zelo dobro	0,86	zelo dobro	0,12	zelo slabo
Cerknica	Magajne	CkMa	0,98-1,00	zelo dobro	0,83	zelo dobro	0,89	zelo dobro	0,48	zmerno	0,45	zmerno
Oplotnica	Cezlak	OpCe	0,93-0,94	zelo dobro	0,84-0,85	zelo dobro	0,83	zelo dobro	1,09	zelo dobro	0,82	zelo dobro
Oplotnica	Oplotnica	OpOp	1,00	zelo dobro	0,79	dobro	0,86	zelo dobro	1,17	zelo dobro	0,76	dobro
Suhodolnica	Herman	SdHe	0,88-0,87	zelo dobro	0,70-0,72	dobro	1,75	zelo dobro	1,22	zelo dobro	0,60	dobro
Suhodolnica	Smrčun	SdSm	0,94-0,96	zelo dobro	0,77	dobro	2,00	zelo dobro	1,42	zelo dobro	0,40	zmerno

* - ocena ekološkega stanja narejena na podlagi vzorčenja bentoških nevretenčarjev 7.7.2015



6.7 Razprava

V okviru spremljanja ekološkega stanja smo na 10 izbranih vzorčnih mestih opravili vrednotenje podpornih hidromorfoloških elementov po sistemu SIHM. Pri polovici vzorčnih mest smo ugotovili zanemarljivo obremenitev zaradi morfoloških sprememb ($RHM_{nor} \leq 0,95$), pri treh mestih majhno ($0,95 < RHM_{nor} \leq 0,8$), dve mesti pa sta imeli več morfoloških sprememb na odseku (RHM_{nor} 0,6 in 0,72). Vpliv gorvodnih pregrad je bil pri dveh mestih zanemarljiv ($HLM \geq 0,95$), pri sedmih mestih majhen ($0,95 > HLM \geq 0,8$), pri enem mestu pa srednji (HLM 0,75). Pri večini vzorčnih mest (8) smo skupno ugotovili majhno obremenitev zaradi hidromorfoloških sprememb po sistemu SIHM ($HQM \geq 0,8$), razen pri dveh mestih, kjer je bil HQM 0,74-0,75.

Voda v vseh vodotokih je bila na vzorčenih odsekih bogata s kisikom, njen pH pa je bil v bazičnem območju. Temperatura vode večine vodotokov se je v času vzorčenja gibala med 11,7 in 18,6 °C, nekoliko hladnejša je bila le Mostnica. Prevodnost večine vodotokov se je gibala med 184 in 368 μScm^{-1} , odstopala je le Oplotnica (silikatna podlaga).

Na podlagi analize ekološkega stanja z bentoškimi nevretenčarji smo ugotovili, da je na vseh vzorčnih mestih doseženo vsaj dobro ekološko stanje. Na podlagi modula saprobnost so vsa vzorčna mesta dosegala zelo dobro stanje. Na podlagi rezultatov modula hidromorfološka spremenjenost/splošna degradiranost je bila združba na večini (sedem) mest nekoliko spremenjena, vendar so ta mesta dosegala dobro stanje. Ostala tri mesta so po modulu hidromorfološka spremenjenost/splošna degradiranost dosegala zelo dobro stanje.

Na podlagi analize ekološkega stanja s fitobentosom so vsa mesta dosegala vsaj dobro ekološko stanje po modulu saprobnost, medtem ko po modulu trofičnost eno vzorčno mesto tega ni dosegalo, saj smo na tem mestu ocenili zmerno stanje (Cerknica, Magajne).

Rezultati analize ekološkega stanja z ribami po modulu splošna degradiranost so bili bolj variabilni. Večina (sedem) vzorčnih mest je dosegala vsaj dobro ekološko stanje, za dve mesti smo ocenili zmerno stanje, za eno pa zelo slabo stanje.



6.8 Viri

- AQEM 2002. Manual for the application of the AQEM method. A comprehensive method to assess European streams using benthic macroinvertebrates, developed for the purpose of the Water Framework Directive. Version 1.0.
- Direktiva 2000/60/ES evropskega parlamenta in sveta z dne 23. oktobra 2000. Bruselj, 72 str., 11 prilog.
- Pantle, R., Buck, H. 1955. Die Biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. GWF, 96, 603 str.
- Petkovska, V., Urbanič, G. 2010. Effect of fixed-fraction subsampling on macroinvertebrate bioassessment of rivers. Environmental monitoring and assessment, 169: 179–201.
- Rott, E., Pipp, E., Pfister, P., van Dam, H., Ortler, K., Binder, N., Pall, K. 1999. Indikationslisten für Aufwuchsalgen. Teil 2: Trophieindikation. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- Seber, G.A.F., Le Cren, E.D. 1967. Estimating population parameters from catches large relative to the population. The Journal of Animal Ecology, 36, 631–643.
- Tavzes, B., Urbanič, G. 2009. New indices for assessment of hydromorphological alteration of rivers and their evaluation with benthic invertebrate communities; Alpine case study. Review of Hydrobiology, 2: 133–161
- Uradni list RS, št. 14/2009. Uredba o stanju površinskih voda, str. 1757.
- Uradni list RS, št. 10/2009. Pravilnik o monitoringu stanja površinskih voda, str. 832.
- Urbanič, G. 2011. Ecological status assessment of rivers in Slovenia – an overview. Natura Sloveniae, 13: 5–16.
- Urbanič, G. 2014. Hydromorphological degradation impact on benthic invertebrates in large rivers in Slovenia. Hydrobiologia, 729(1): 191–207.
- Urbanič, G., Mohorko, T., Peterlin, M., Petkovska, V., Štupnikar, N., Remec-Rekar, Š., Francé, J., Eleršek, T., Kosi, G., Mavrič, B., Orlando-Bonaca, M., Bajt, O., Mozetič, P., Germ, M., Pavlin Urbanič, M., Podgornik, S. 2013. Uredba o stanju površinskih voda: priprava strokovnih podlag: poročilo o delu za leto 2013. Ljubljana, Inštitut za vode Republike Slovenije: 63 str.
- Urbanič, G., Toman, M.J., Krušnik, C. 2005. Microhabitat type selection of caddisfly larvae (Insecta: Trichoptera) in a shallow lowland stream. Hydrobiologia, 541: 1–12.
- Zelinka, M., Marvan, P. 1961. Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer. Arch. Hydrobiol., 57: 389–407.



7 POVEZAVE MED EKOLOŠKIM STANJEM VODA IN EKOLOŠKO SPREJEMLJIVIM PRETOKOM (QES)

Analize povezav med skupinami organizmov (fitobentos, bentoški nevretenčarji, ribe) in skupinami okoljskih dejavnikov oziroma obremenitev (raba tal, hidrološke razmere, hidromorfološke razmere, vzdolžna povezanost) smo izvedli na dveh ravneh:

- a) združba organizmov (vrstna sestava in številčnost) in
- b) značilnosti združb organizmov oz. indeksi vrednotenja ekološkega stanja vodotokov v hidroekoregiji Alpe v Sloveniji (Urbanič in sod. 2013, 2015).

7.1 Skupine okoljskih dejavnikov ali obremenitev

Pri analizah smo uporabili okoljske parametre, ki smo jih razporedili v štiri skupine:

- raba tal,
- hidromorfološke razmere,
- hidrološke razmere,
- vzdolžna povezanost.

7.1.1 Raba tal

V skupino raba tal smo uvrstili osem spremenljivk rabe tal v neposredni (NPP) in skupni prispevni površini (SPP) mest vzorčenja iz podatkovnega sloja Corine Land Cover (slika 94). Iz spremenljivk rabe tal smo razvili gradient rabe tal. Uporabili smo podatke o združbi bentoških nevretenčarjev in osmih spremenljivkah rabe tal (preglednica 63) za 109 vzorcev iz hidroekoregije Alpe.



Slika . Skica neposrednega prispevnega območja (oranžno) in skupnega prispevnega območja (rumeno in oranžno) vzorčnega mesta (označeno z rdečo) na vodotoku (po Pavlin, 2012).

Preglednica . Vrednosti deležev rabe tal na neposrednih in skupnih prispevnih površinah – Povp (povprečje), min – minimum, maks – maksimum za 109 mest vzorčenja bentoških nevretenčarjev.

Spremenljivka	Okrajšava	Povp (min-maks)
Urbane površine na neposredni prispevni površini [%]	URB_NPP	0,5 (0,0-16,0)
Površine z intenzivnim kmetijstvom na neposredni prispevni površini [%]	I_KM_NPP	5,8 (0,0-55,9)
Površine z ekstenzivnim kmetijstvom na neposredni prispevni površini [%]	E_KM_NPP	14,2 (0,0-71,1)
Naravne površine na neposredni prispevni površini [%]	NAR_NPP	79,5 (0,0-100,0)
Urbane površine na skupni prispevni površini [%]	URB_SPP	0,5 (0,0-7,7)
Površine z intenzivnim kmetijstvom na skupni prispevni površini [%]	I_KM_SPP	2,7 (0,0-28,6)
Površine z ekstenzivnim kmetijstvom na skupni prispevni površini [%]	E_KM_SPP	10,8 (0,0-54,3)
Naravne površine na skupni prispevni površini [%]	NAR_SPP	86,1 (17,1-100,0)

Odnose med združbo bentoških nevretenčarjev in spremenljivkami rabe tal smo analizirali s kanonično korespondenčno analizo (CCA) (preglednica 64). Med osmimi spremenljivkami rabe tal smo z avtomatskim izbiranjem (CCA s FS) izbrali štiri spremenljivke, s katerimi smo statistično značilno ($P < 0,05$; ob upoštevanju Bonferronijeve korekcije) pojasnili variabilnost združbe bentoških nevretenčarjev (preglednica 65). Pred analizami smo podatke pretvorili s primernimi transformacijskimi enačbami (Legendre in Legendre, 1998; Lepš in Šmilauer, 2003). Podatke o številčnosti taksonov smo pretvorili z logaritemsko funkcijo ($\ln(x+1)$). Z logaritmiranjem podatkov smo povečali vpliv maloštevilnih vrst na rezultate statističnih analiz (ter Braak in Verdonschot, 1995; Tison in sod., 2005). Vrednosti okoljskih spremenljivk, ki smo jih določili v odstotkih in je njihova vsota na posameznem mestu vzorčenja znašala 100 %, smo pretvorili s funkcijo $\arcsin \sqrt{x}$ (Sokal in Rohlf, 1995; cit. po Legendre in Legendre, 1998).



Preglednica . Rezultati CCA analize 109 vzorcev združbe bentoških nevretenčarjev in spremenljivk rabe tal v vodotokih Alp.

Kanonične osi		1	2	3	4
Število taksonov	868				
Število osebkov	3877				
Število okoljskih spremenljivk	8				
Celotna variabilnost (total inertia)	2,113				
Pojasnjena variabilnost (inertia)	0,356	0,166	0,049	0,038	0,032
P	0,001				
F	2,534				
Pojasnjena variabilnost (%)	16,85	7,9	2,3	1,8	1,5
Pojasnjena variabilnost (%) s spremenljivkami izbranimi po izbiranju (preglednica 65)	12,3				

Preglednica . Variabilnost združbe bentoških nevretenčarjev, pojasna s posamezno okoljsko spremenljivko (λ_1) pred izbiranjem in po izbiranju (λ_a). LUAL – označene so z metodo izbiranja izbrane okoljske spremenljivke za izračun Indeksa rabe tal v Alpah.

Spremenljivka	Okrajšava	λ_1	LUAL	λ_a	P	F
Urbane površine na neposredni prispevni površini [%]	URB_NPP	0,03		0,02	0,132	1,28
Površine z intenzivnim kmetijstvom na neposredni prispevni površini [%]	I_KM_NPP	0,07		0,03	0,083	1,32
Površine z ekstenzivnim kmetijstvom na neposredni prispevni površini [%]	E_KM_NPP	0,06		0,02	0,32	1,08
Naravne površine na neposredni prispevni površini [%]	NAR_NPP	0,03	x	0,04	0,001	1,94
Urbane površine na skupni prispevni površini [%]	URB_SPP	0,04		0,03	0,013	1,74
Površine z intenzivnim kmetijstvom na skupni prispevni površini [%]	I_KM_SPP	0,11	x	0,03	0,001	1,96
Površine z ekstenzivnim kmetijstvom na skupni prispevni površini [%]	E_KM_SPP	0,14	x	0,03	0,008	1,84
Naravne površine na skupni prispevni površini [%]	NAR_SPP	0,16	x	0,16	0,001	8,61

Na podlagi rezultatov avtomatskega izbiranja spremenljivk v CCA (preglednica 65) smo določili formulo za izračun Indeksa rabe tal v Alpah (LUAL). Indeks LUAL smo izračunali kot tehtano povprečje normaliziranih vrednosti izbranih okoljskih spremenljivk in pojasnjevalne sposobnosti teh spremenljivk za združbo bentoških nevretenčarjev po izbiranju (λ_a).



Normalizirane vrednosti posameznih spremenljivk rabe tal smo izračunali po enačbi:

$$S_{norm} = \frac{S - S_{Sp}}{S_{Zg} - S_{Sp}}$$

kjer je

S_{Sp} – spodnja meja spremenljivke rabe tal (preglednica 66),

S_{Zg} – zgornja meja spremenljivke rabe tal (preglednica 66).

Za vsak vzorec oz. mesto vzorčenja smo indeks LUAL izračunali po naslednji enačbi:

$$LUAL = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_a * S_{norm}}{\sum \lambda_a},$$

kjer je

λ_a – pojasnjevalna moč spremenljivke po avtomatskem izbiranju v CCA (preglednica 65) in

S_{norm} – normalizirana vrednost izbrane spremenljivke rabe tal.

Preglednica . Vrednosti spremenljivk rabe tal in indeksa LUAL za normalizacijo vrednosti.

Spremenljivka rabe tal	Okrajšava	Zgornja meja (minimum)	Spodnja meja (95. percentil)
Indeks Rabe tal v Alpah (Land Use ALps)	LUAL	0,23	0,43
Naravne površine na neposredni prispevni površini [%]	NAR_N PP	0,0	100,0
Površine z intenzivnim kmetijstvom na skupni prispevni površini [%]	I_KM_S PP	0,0	14,7
Površine z ekstenzivnim kmetijstvom na skupni prispevni površini [%]	E_KM_ SPP	0,0	30,8
Naravne površine na skupni prispevni površini [%]	NAR_S PP	17,1	100,0



Na podlagi vseh razpoložljivih podatkov smo določili spodnjo in zgornjo mejo vrednosti indeksa LUAL (preglednica 66) in vrednosti indeksa LUAL normalizirali po naslednji enačbi:

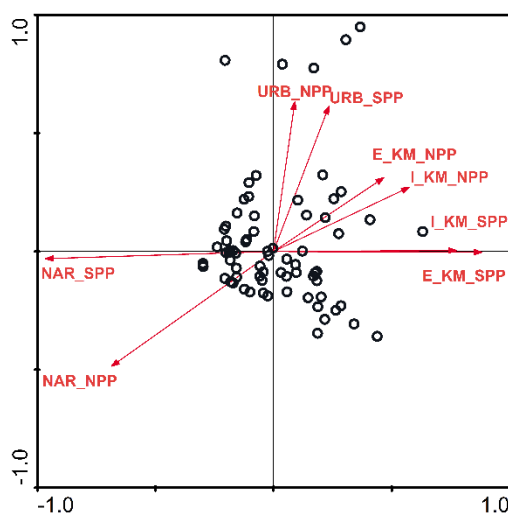
$$LUAL_{norm} = \frac{LUAL - LUAL_{Sp}}{LUAL_{Zg} - LUAL_{Sp}}; \text{ kjer je}$$

$LUAL_{Sp}$ – spodnja meja indeksa LUAL,

$LUAL_{Zg}$ – zgornja meja indeksa LUAL.

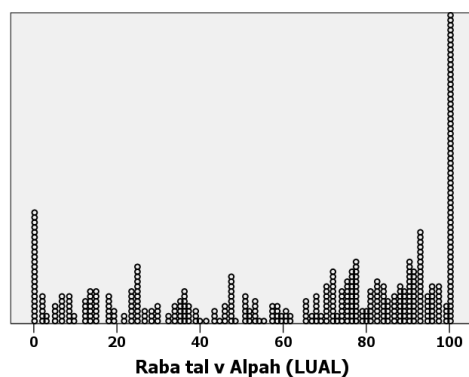
V naslednjem koraku smo indeks še renormalizirali: vrednostim večjim od 1 smo pripisali vrednost 1, vrednostim manjšim od 0 pa vrednost 0. Na koncu smo vrednosti indeksa pomnožili s 100 in dobili končni indeks LUAL z razponom vrednosti med 0 in 100:

Vrednost 0 imajo mesta, najbolj obremenjena z rabo tal v prispevnih površinah, vrednost 100 pa mesta z največ naravnih oz. naravnim podobnih površin v prispevni površini. S tem smo mesta vzorčenja razporedili vzdolž enotnega gradienta rabe tal, ki pomembno pojasni variabilnost združbe bentoških nevretenčarjev.



Slika . CCA biplot na podlagi CCA analize 109 vzorcev združbe bentoških nevretenčarjev in spremenljivk rabe tal v vodotokih Alp. Krogci predstavljajo vzorce bentoških nevretenčarjev. Okrajšave spremenljivk so v preglednici 64.

Vrednosti novo razvitega indeksa rabe tal v Alpah (indeks LUAL) smo izračunali za vse vzorce bioloških elementov kakovosti oz. mesta, kjer so bili vzorčeni (Slika 96).



Slika . Razporeditev vzorcev vzdolž gradienta rabe tal – LUAL.

7.1.2 Hidromorfološke razmere

V skupino hidromorfološke razmere smo uvrstili indekse sistema SIHM (Tavzes in Urbanič, 2009, Urbanič 2014, Petkovska in sod. 2015), ki jih uporabljamo tudi za vrednotenje ekološkega stanja vodotokov (Uradni list RS, 2009; Urbanič in sod., 2013). Podrobneje je izračun indeksov opisan v poglavju 6.1. Izračunali smo naslednje indekse:

- indeks kakovosti rečnih habitatov (RHQ)
- normalizirana vrednost indeksa kakovosti rečnih habitatov (RHQ),
- indeksa spremenjenosti rečnih habitatov (RHM),
- normalizirana vrednost indeksa spremenjenosti rečnih habitatov (RHM),
- indeks hidrološke spremenjenosti (HLM),
- indeks hidromorfološke spremenjenosti (HMM),
- indeks hidromorfološke kakovosti in spremenjenosti (HQM).

Podatke o indeksih sistema SIHM smo imeli za 92 vzorcev bentoških nevretenčarjev, 48 vzorcev fitobentosa in 13 vzorcev rib.

7.1.3 Hidrološke razmere

Za preveritev povezanosti bioloških elementov kakovosti z naravnimi hidrološkimi razmerami ter njihovimi spremembami zaradi odvzemov vode smo uporabili vse hidrološke parametre, ki so podrobno opisani v poglavju 5.



7.1.4 Vzdolžna povezanost

Pri preveritvi vpliva spremembe vzdolžne povezanosti smo uporabili parameter oddaljenost od spodnje pregrade. Preveritev smo izvedli le na podlagi rib, saj se predvsem ribe dobro odzivajo na ta tip spremembe (dolvodne pregrade). Gorvodne pregrade pa so že upoštevane v sistemu SIHM.

7.2 Določitev setov podatkov

Za preveritev vplivov odvzemov vode ter hkrati delujočih drugih obremenitev smo določili tri sete podatkov (priloga A):

1. dobra vzorčna mesta, ki je bil ustvarjen predvsem za preveritev vpliva odvzemov vode in kjer smo za izbor vzorcev upoštevali kriterija:
 - a. indeks HQM > 0,8
 - b. indeks LUAL > 80
2. vzorčna mesta z odvzemom vode in dobra vzorčna mesta, ki je bil ustvarjen za preveritev vpliva predvsem odvzemov vode pa tudi nekaterih drugih obremenitev; tu smo zajeli vse vzorce na odsekih vodotokov pod vplivom odvzema, med ostalimi vzorci pa smo za izbor upoštevali kriterija:
 - a. indeks HQM > 0,8
 - b. indeks LUAL > 80
3. vsa vzorčna mesta, kjer smo za biološka elementa bentoški nevretenčarji in fitobentos zajeli vse vzorce, kjer smo imeli določene vse skupine obremenitev, medtem ko smo zaradi pomanjkanja podatkov o hidromorfološki kakovosti in spremenjenosti pri vzorcih biološkega elementa ribe, pri teh upoštevali vse podatke, kjer so bili izračunani hidrološki parametri ter spremenljivke rabe tal;

Na setih podatkov smo nato izvedli nadaljne analize. Za vse parametre smo izračunali mediano, minimum in maksimum (priloga G).



7.3 Preveritev vpliva obremenitev na ravni združb organizmov

Za opis obremenitev smo v vsaki skupini okoljskih dejavnikov oziroma obremenitev izbrali po en parameter:

- indeks LUAL iz skupine raba tal,
- indeks HQM iz skupine hidromorfološke razmere,
- relativni odvzem LOD/nQnp iz skupine hidrološke razmere,
- oddaljenost od spodnje pregrade iz skupine vzdolžna povezanost.

Vrednosti vsakega parametra smo razvrstili v 5 razredov (preglednica 67). Za indeks LUAL in indeks HQM smo razpone razredov določili z ekvidistančno razdelitvijo razpona vrednosti. Za relativni odvzem in oddaljenost od spodnje pregrade smo razpon vrednosti razdelili tako, da se razpon vrednosti po razredih progresivno zmanjšuje oziroma povečuje.

Preglednica . Pregled razpona vrednosti po razredih za posamezne parametre obremenitve; pregrada – oddaljenost od spodnje pregrade

parameter				
razred	HQM	LUAL	relativni odvzem	pregrada (km)
1	0,8–1	80–100	<1	>60
2	0,6–0,8	60–80	1–5	15–30
3	0,4–0,6	40–60	5–15	5–15
4	0,2–0,4	20–40	15–30	1–5
5	0–0,2	0–20	>30	<1

Pri nobenem paru bioloških elementov kakovosti nismo ugotovili statistično značilnih razlik (Kolmogorov-Smirnov test, $p > 0,05$) v razporeditvi podatkov za vsakega od parametrov obremenitve in set podatkov (preglednica 68-70).



Preglednica . Razporeditev vzorcev posameznih bioloških elementov kakovosti (BEK) seta podatkov vseh vzorčnih mest po razredih posameznega faktorja obremenitve ter primerjava razporeditve vzorcev na podlagi Kolmogorov-Smirnof testa (Z, p). HQM – indeks hidromorfološke kakovosti in spremenjenosti, LUAL - indeks rabe tal v Alpah, pregrada – oddaljenost od spodnje pregrade; BN – bentoški nevretenčarji, FB - fitobentos.

Faktor	BEK	Razred					Kolmogorov-Smirnof test	
		1	2	3	4	5	Z (min-max)	p
HQM	BN	70	7	2	2	1	0,54-0,84	>0,05
	FB	43	2	0	0	0		
	ribe	9	4	0	0	0		
LUAL	BN	33	11	9	11	18	0,45-0,87	>0,05
	FB	22	4	1	5	13		
	ribe	54	36	15	26	27		
rel.odvzem	BN	70	4	6	0	2	0,19-0,42	>0,05
	FB	38	1	4	0	2		
	ribe	143	5	6	2	2		
pregrada	BN	/	/	/	/	/	/	/
	FB	/	/	/	/	/		
	ribe	20	11	27	54	33		

Preglednica . Razporeditev vzorcev posameznih bioloških elementov kakovosti (BEK) seta podatkov odvzemov in dobrih vzorčnih mest po razredih posameznega faktorja obremenitve ter primerjava razporeditve vzorcev na podlagi Kolmogorov-Smirnof testa (Z, p). HQM – indeks hidromorfološke kakovosti in spremenjenosti, LUAL - indeks rabe tal v Alpah, pregrada – oddaljenost od spodnje pregrade; BN – bentoški nevretenčarji, FB - fitobentos.

Faktor	BEK	Razred					Kolmogorov-Smirnof test	
		1	2	3	4	5	Z (min-max)	p
HQM	BN	34	3	1	1	0	0,25-0,47	>0,05
	FB	24	1	0	0	0		
	ribe	7	2	0	0	0		
LUAL	BN	33	2	2	1	1	0,13-0,30	>0,05
	FB	22	0	1	1	1		
	ribe	37	3	2	2	2		
rel.odvzem	BN	27	4	6	0	2	0,15-0,18	>0,05
	FB	18	1	4	0	2		
	ribe	32	5	5	2	2		
pregrada	BN	/	/	/	/	/	/	/
	FB	/	/	/	/	/		
	ribe	10	1	1	16	9		



Preglednica . Razporeditev vzorcev posameznih bioloških elementov kakovosti (BEK) seta podatkov dobrih vzorčnih mest po razredih posameznega faktorja obremenitve ter primerjava razporeditve vzorcev na podlagi Kolmogorov-Smirnof testa (Z , p). HQM – indeks hidromorfološke kakovosti in spremenjenosti, LUAL - indeks rabe tal v Alpah, pregrada – oddaljenost od spodnje pregrade; BN – bentoški nevretenčarji, FB - fitobentos.

Faktor	BEK	Razred					Kolmogorov-Smirnof test	
		1	2	3	4	5	Z (min-max)	
HQM	BN	/	/	/	/	/	/	/
	FB	/	/	/	/	/		
	ribe	/	/	/	/	/		
LUAL	BN	/	/	/	/	/	/	/
	FB	/	/	/	/	/		
	ribe	/	/	/	/	/		
rel.odvzem	BN	26	1	4	0	1	0,07-0,30	>0,05
	FB	18	1	2	0	1		
	ribe	31	1	2	0	1		
pregrada	BN	/	/	/	/	/	/	/
	FB	/	/	/	/	/		
	ribe	10	1	0	15	4		

Za vsak biološki element kakovosti (BEK) smo zato za posamezno obremenitev (izbran parameter) preverili, koliko variabilnosti združbe lahko z njim pojasnimo in ali je pojasnjevalna sposobnost statistično značilna. Pojasnjevalno sposobnost smo preverili s testom PERMANOVA (Anderson, 2001) v programu R (paket vegan, funkcija adonis).

Najvišjo pojasnjevalno sposobnost (R^2) parametrov pri setu vseh vzorčnih mest smo ugotovili za indeks LUAL, ki je bila tudi pri vseh BEK statistično značilna (preglednica 71). Le pri BEK ribe smo ugotovili podoben R^2 še za parameter oddaljenost od spodnje pregrade. Vendar pa smo med BEK ravno pri ribah ugotovili najnižje R^2 (0,02-0,06).

Pri drugih setih vzorčnih mest, kjer smo odstranili mesta, kjer hidrološke spremembe niso bile prevladujoča obremenitev, smo pri vseh BEK ugotovili višjo pojasnjevalno sposobnost parametra relativnega odvzema kot pri setu vseh vzorčnih mest, medtem ko za parametra LUAL in HQM pričakovano nismo dobili statistično značilne pojasnjevalne sposobnosti ($p > 0,05$).

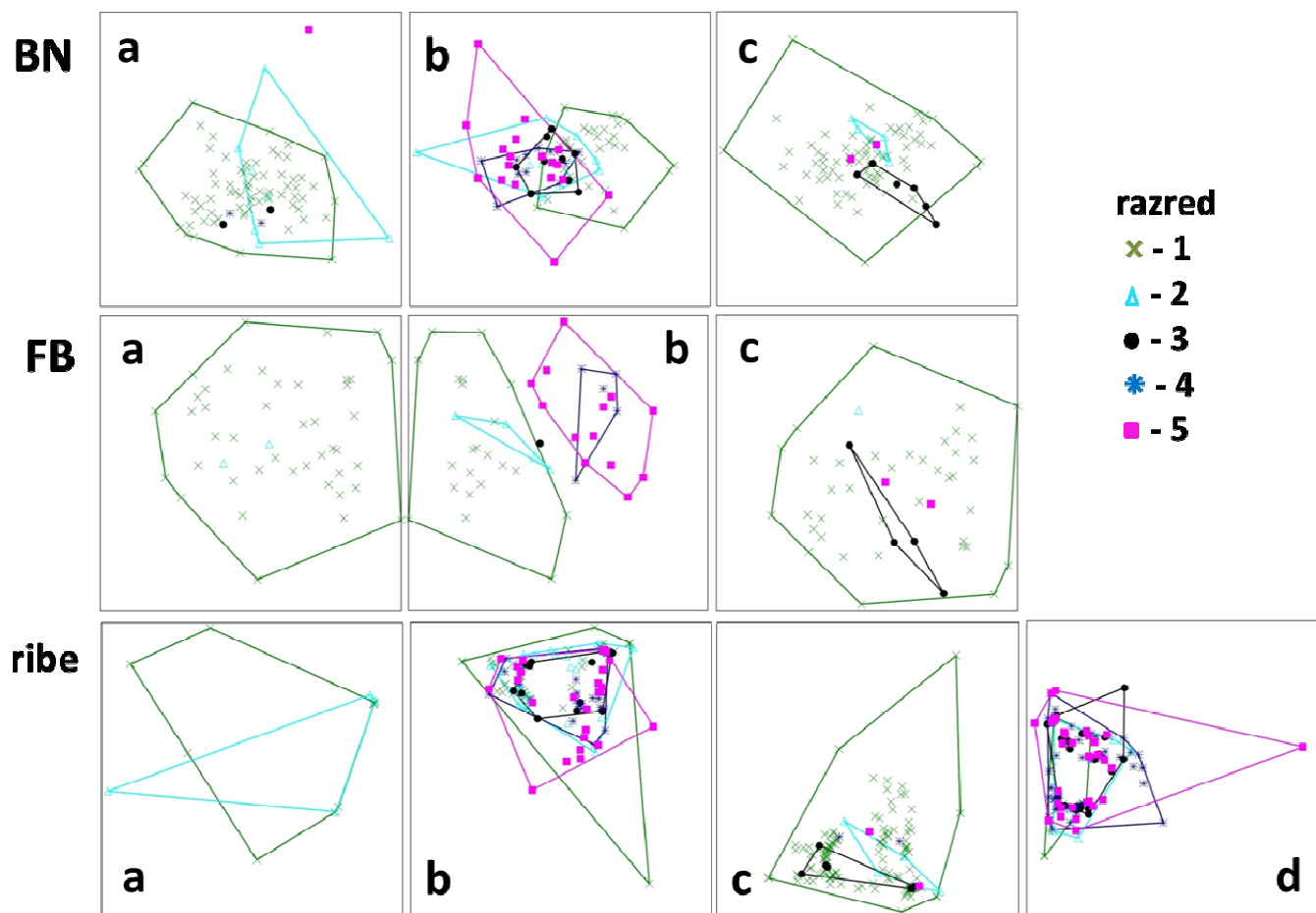
Parameter oddaljenosti od spodnje pregrade smo lahko preverili le na podlagi BEK ribe, kjer smo ugotovili najvišji statistično značilen R^2 v setu podatkov odvzemi in dobra vzorčna mesta.



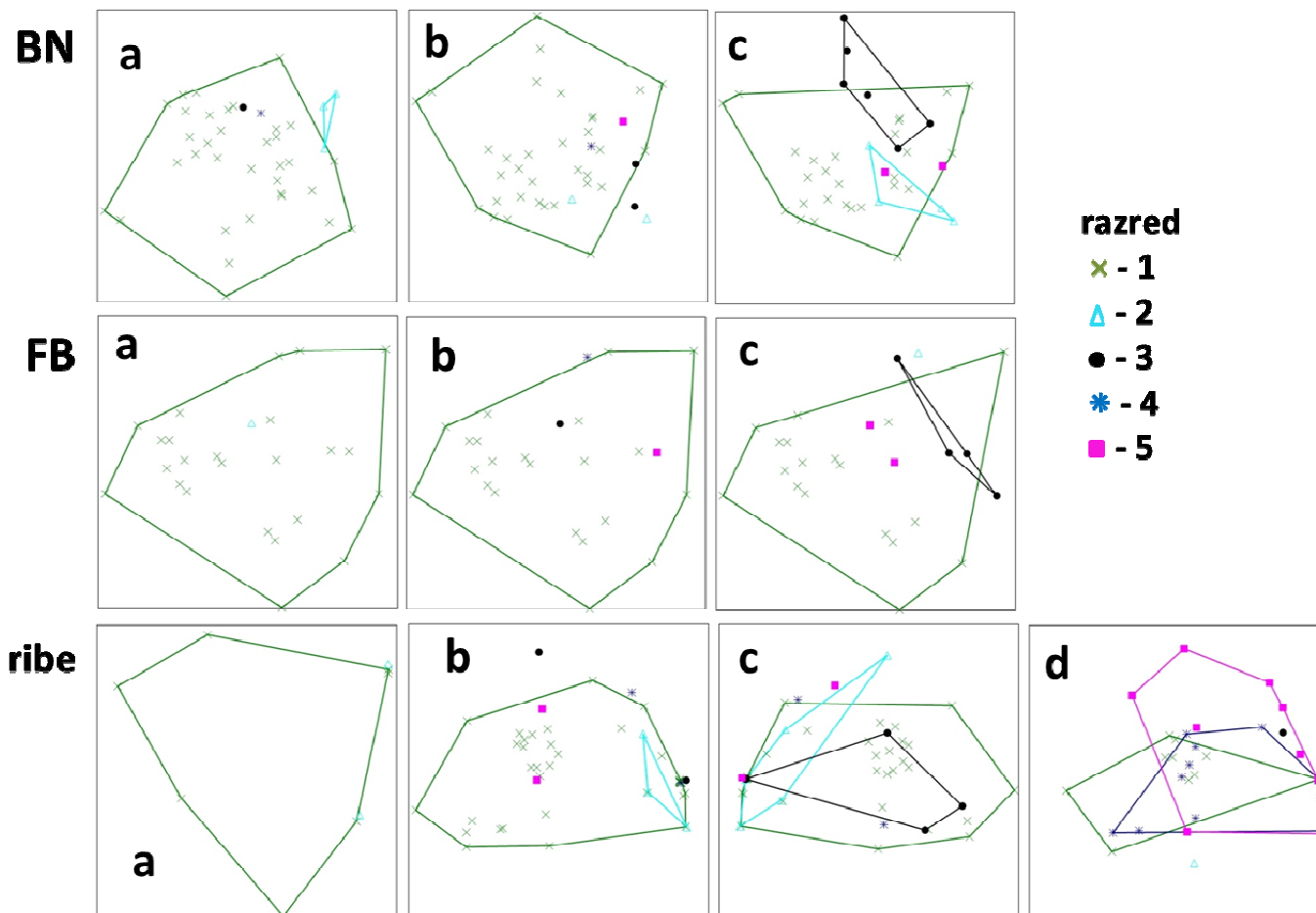
Preglednica . Rezultati analize Permanova (R^2 , N in P) posameznih faktorjev obremenitev za posamezne biološke elemente kakovosti (BEK) za različne sete podatkov. BN – bentoški nevretenčarji; HQM – indeks hidromorfološke kakovosti in spremenjenosti, LUAL - indeks rabe tal v Alpah, pregrada – oddaljenost od spodnje pregrade; **odebeljeno** so označeni statistično značilni P ($P < 0,05$).

	Set podatkov	vsa vzorčna mesta				odvzemi&dobra vzorčna mesta				dobra vzorčna mesta			
	BEK	HQM	LUAL	rel.odvzem	pregrada	HQM	LUAL	rel.odvzem	pregrada	HQM	LUAL	rel.odvzem	pregrada
R ²	BN	0,07	0,17	0,06	/	0,10	0,11	0,17	/	/	/	0,16	/
	fitobentos	0,02	0,23	0,09	/	0,03	0,13	0,23	/	/	/	0,23	/
	ribe	0,02	0,05	0,03	0,06	0,13	0,10	0,10	0,21	/	/	0,15	0,17
N	BN	82	82	82	/	39	39	39	/	32	32	32	/
	fitobentos	45	45	45	/	25	25	25	/	22	22	22	/
	ribe	13	158	158	145	9	46	46	37	5	35	35	30
P	BN	0,045	0,000	0,010	/	0,141	0,315	0,000	/	/	/	0,010	/
	fitobentos	0,541	0,000	0,064	/	0,804	0,401	0,003	/	/	/	0,011	/
	ribe	0,846	0,022	0,471	0,008	0,390	0,380	0,343	0,020	/	/	0,041	0,083

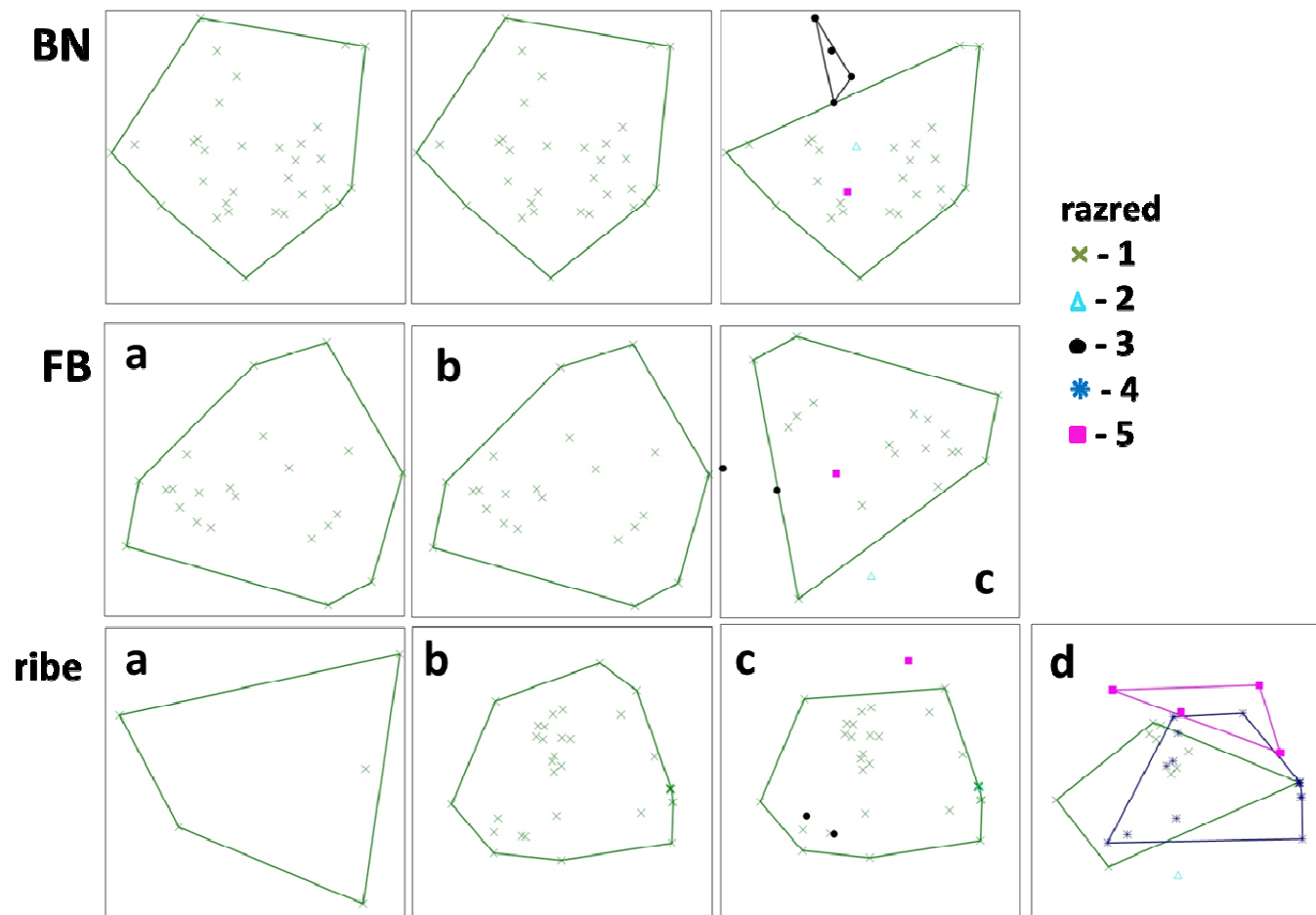
Poleg testa Permanova smo za vsak parameter izvedli nemetrično multidimenzionalno skaliranje (NMS) z uporabo Bray-Curisovega indeksa podobnosti (Bray in Curtis, 1957) in izrisali grafikon na podlagi vsakega seta podatkov v programu PAST 2.08 (slika 97-99) (Hammer in sod., 2001). Na grafih smo prikazali podobnost med vzorci in razredi obremenitev.



Slika . NMS diagrami na podlagi seta podatkov vseh vzorčnih mest za posamezne biološke elemente kakovosti in naslednje faktorje obremenitev: a – indeks hidromorfološke kakovosti in spremenjenosti, b – indeks rabe tal v Alpah, c – relativni odvzem, d – oddaljenost od spodnje pregrade; BN – bentoški nevretenčarji, FB – fitobentos.



Slika . NMS diagrami na podlagi seta podatkov odvzemov in dobrih vzorčnih mest za posamezne biološke elemente kakovosti in naslednje faktorje obremenitev: a – indeks hidromorfološke kakovosti in spremenjenosti, b – indeks rabe tal v Alpah, c – relativni odvzem, d – oddaljenost od spodnje pregrade; BN – bentoški nevretenčarji, FB – fitobentos.



Slika . NMS diagrami na podlagi seta podatkov dobrih vzorčnih mest za posamezne biološke elemente kakovosti in naslednje faktorje obremenitev: a – indeks hidromorfološke kakovosti in spremenjenosti, b – indeks rabe tal v Alpah, c – relativni odvzem, d – oddaljenost od spodnje pregrade; BN – bentoški nevretenčarji, FB – fitobentos.



7.4 Preveritev vpliva obremenitev z indeksi vrednotenja ekološkega stanja

Za vse obravnavane parametre smo izračunali korelacijske koeficiente na podlagi vsakega seta vzorcev in za vsak biološki element kakovosti (BEK). Izračunali smo:

- parametričen Pearsonov koeficient (priloga H-I)
- neparametričen Spearmanov koeficient (priloge J-M)

Za izračun korelacij smo uporabili REK vrednosti indeksov za vrednotenje ekološkega stanja v Sloveniji:

- na podlagi rib indeks SIFAIR za vrednotenje vpliva splošne degradiranosti
- na podlagi bentoških nevretenčarjev indeks SMEIH za vrednotenje vpliva hidromorfološke spremenjenosti/splošne degradiranosti ter indeks SIG3_REK za vrednotenje vpliva obremenitve z organskimi snovmi in drugega onesnaženja
- na podlagi fitobentosa SI_REK za vrednotenje vpliva obremenitve z organskimi snovmi in drugega onesnaženja in TI_REK za vrednotenje vpliva eutrofikacije ter rabe zemljišč

Na podlagi Spearmanovih korelacijskih koeficientov smo za nadaljne analize izločili vse redundantne parametre, torej tiste, ki so imeli medsebojni korelacijski koeficient $> 0,8$. Tako smo dobili naslednje število parametrov po skupinah okoljskih dejavnikov (preglednica 72):

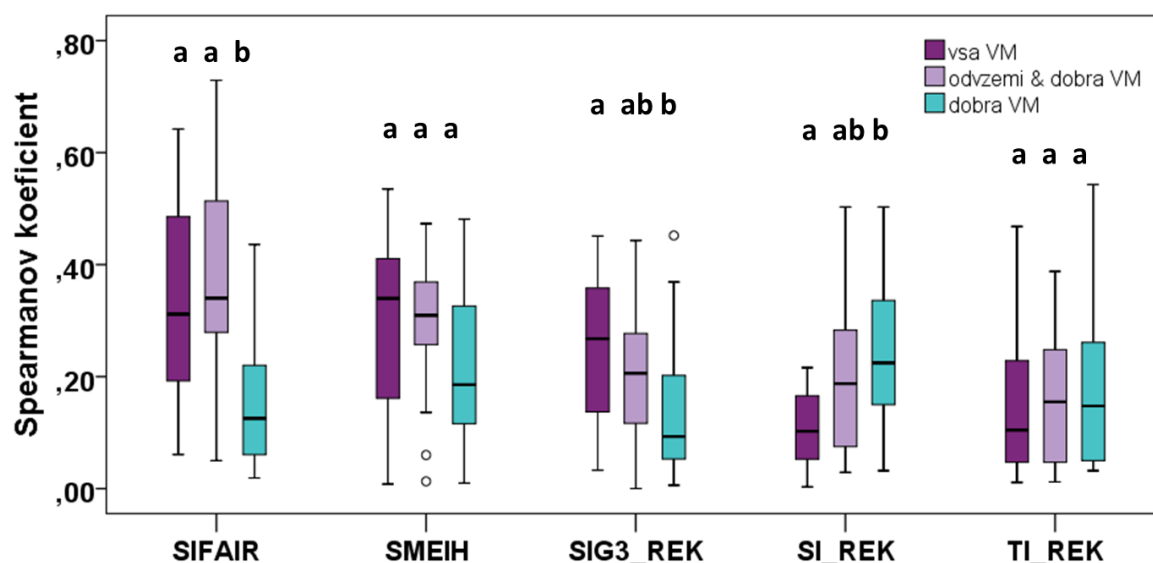
- Hidrološke razmere (7 parametrov)
- Hidromorfološke razmere (5 indeksov)
- Raba tal (8 parametrov)



Preglednica . Seznam izbranih parametrov s pripadajočo skupino in kodo.

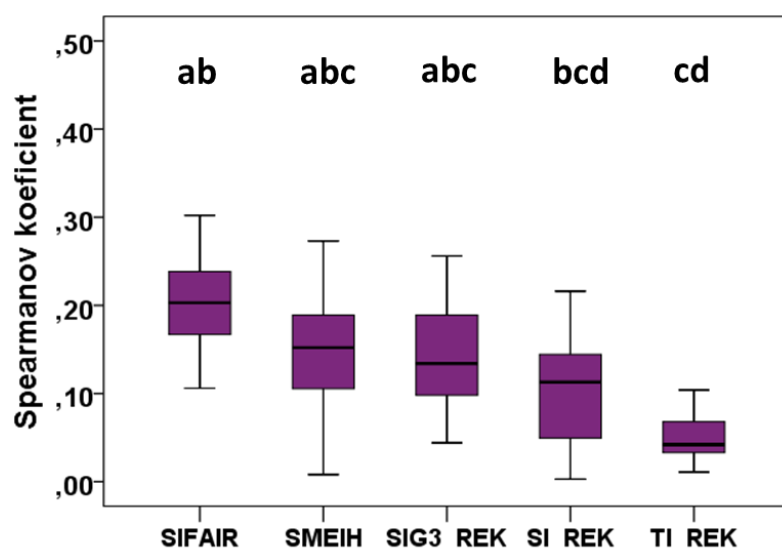
Skupina	Parameter	Koda
Hidrološke razmere	povprečni trenutni odvzem glede na srednji mali pretok v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m ³ /s)	LOD_k_sQnp ali LOD/sQnp
	najmanjši mali pretok v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m ³ /s)	k_nQnp
	srednji mali pretok v obdobju 1983-2012 - dnevno povprečje (m ³ /s)	k_sQnp
	srednji dnevni pretok v obdobju 1983-2012 (m ³ /s)	k_sQs
	srednji veliki pretok v obdobju 1983-2012 - konica (m ³ /s)	k_sQvk
	srednji dnevni pretok (m ³ /s)	Qdan
	najvišji srednji dnevni pretok (vsi pretoki v letu* so manjši ali enaki)	Q0
	urbane površine na neposredni prispevni površini [%]	URB_NPP
	površine z intenzivnim kmetijstvom na neposredni prispevni površini [%]	I_KM_NPP
Raba tal	površine z ekstenzivnim kmetijstvom na neposredni prispevni površini [%]	E_KM_NPP
	naravne površine na neposredni prispevni površini [%]	NAR_NPP
	urbane površine na skupni prispevni površini [%]	URB_SPP
	površine z intenzivnim kmetijstvom na skupni prispevni površini [%]	I_KM_SPP
	površine z ekstenzivnim kmetijstvom na skupni prispevni površini [%]	E_KM_SPP
	indeks Rabe tal v Alpah	LUAL
	normalizirana vrednost indeksa kakovosti rečnih habitatov	RHQnor
	normalizirana vrednost indeksa spremenjenosti rečnih habitatov	RHMnor
Hidromorfološke razmere	indeks hidrološke spremenjenosti	HLM
	indeks hidromorfološke spremenjenosti	HMM
	indeks hidromorfološke kakovosti in spremenjenosti	HQM

Seti podatkov se na podlagi Spearmanovih korelacijskih koeficientov med seboj statistično značilno razlikujejo za BEK ribe – indeks SIFAIR, BEK bentoški nevretenčarji – indeks SIG3_REK in BEK fitobentos – indeks SI_REK (slika 100) (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 6,596-13,487$, $p < 0,01 - < 0,05$). Pri indeksu SIFAIR se statistično značilno loči set dobrih VM (Mann-Whitney U = 84,00–85,00, $p < 0,01$), medtem ko je pri saprobnih indeksih (SIG3_REK in SI_REK) razlika med setom vseh VM in setom dobrih VM (Mann-Whitney U = 77,00–97,00, $p < 0,01 - < 0,05$).

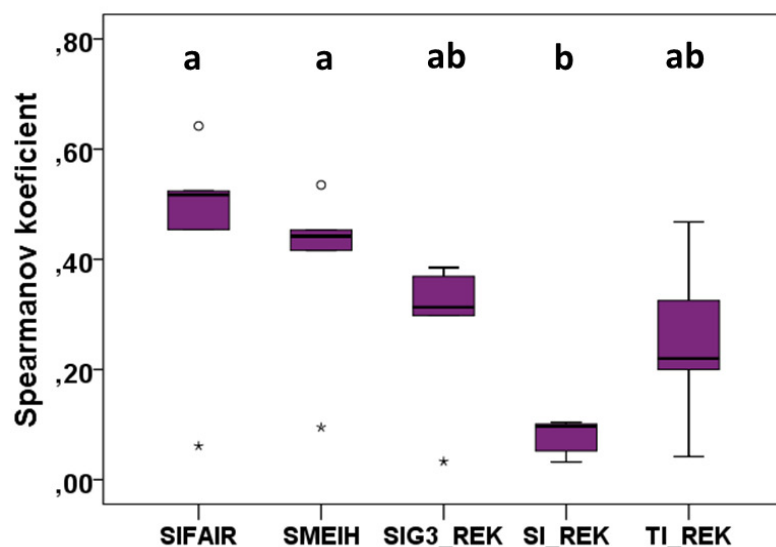


Slika . Razporeditev vrednosti Spearmanovih korelacijskih koeficientov med posameznimi indeksi vrednotenja ekološkega stanja in izbranimi okoljskimi parametri za različne sete podatkov. S črkami so označene statistično značilno različne skupine po posameznem indeksu. Za razlago kod indeksov glej prilogo A, za razlago setov podatkov pa poglavje 7.2.

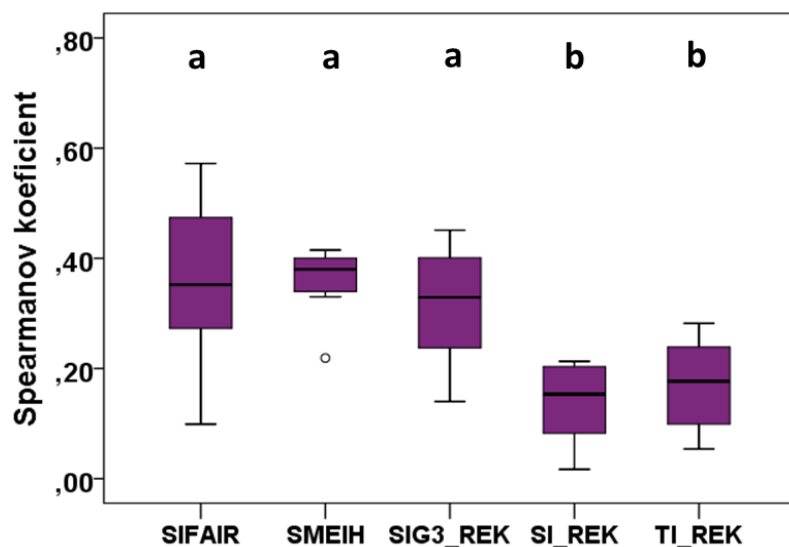
Pri pregledu vrednosti Spearmanovih koeficientov med obravnavanimi indeksi vrednotenja ekološkega stanja in hidrološkimi ali hidromorfološkimi parametri za set vseh vzorčnih mest smo ugotovili nekaj statistično značilnih razlik ($p < 0,05$) med indeksi (slika 101, 102). Pri parametrih skupine raba tal smo ugotovili najbolj očiten vzorec, in sicer se koeficienti indeksov BEK ribe in bentoški nevretenčarji med seboj niso razlikovali (slika 103), so bili pa značilno različni od koeficientov indeksov BEK fitobentos. V skupini hidrološke razmere so bile zabeležene nizke vrednosti korelacijskih koeficientov pri vseh indeksih ($< 0,3$), medtem ko v skupinah hidromorfološke razmere in raba tal najvišje pri indeksih na podlagi rib in bentoških nevretenčarjev.



Slika . Razporeditev vrednosti Spearmanovih korelacijskih koeficientov med posameznimi indeksi vrednotenja ekološkega stanja in izbranimi hidrološkimi parametri za set podatkov vseh vzorčnih mest. S črkami so označene statistično značilno različne skupine. Za razlago kod indeksov glej prilogo A.



Slika . Razporeditev vrednosti Spearmanovih korelacijskih koeficientov med posameznimi indeksi vrednotenja ekološkega stanja in izbranimi hidromorfološki parametri za set podatkov vseh vzorčnih mest. S črkami so označene statistično značilno različne skupine. Za razlago kod indeksov glej prilogo A.



Slika . Razporeditev vrednosti Spearmanovih korelacijskih koeficientov med posameznimi indeksi vrednotenja ekološkega stanja in izbranimi parametri rabe tal za set podatkov vseh vzorčnih mest. S črkami so označene statistično značilno različne skupine. Za razlago kod indeksov glej prilogo A.

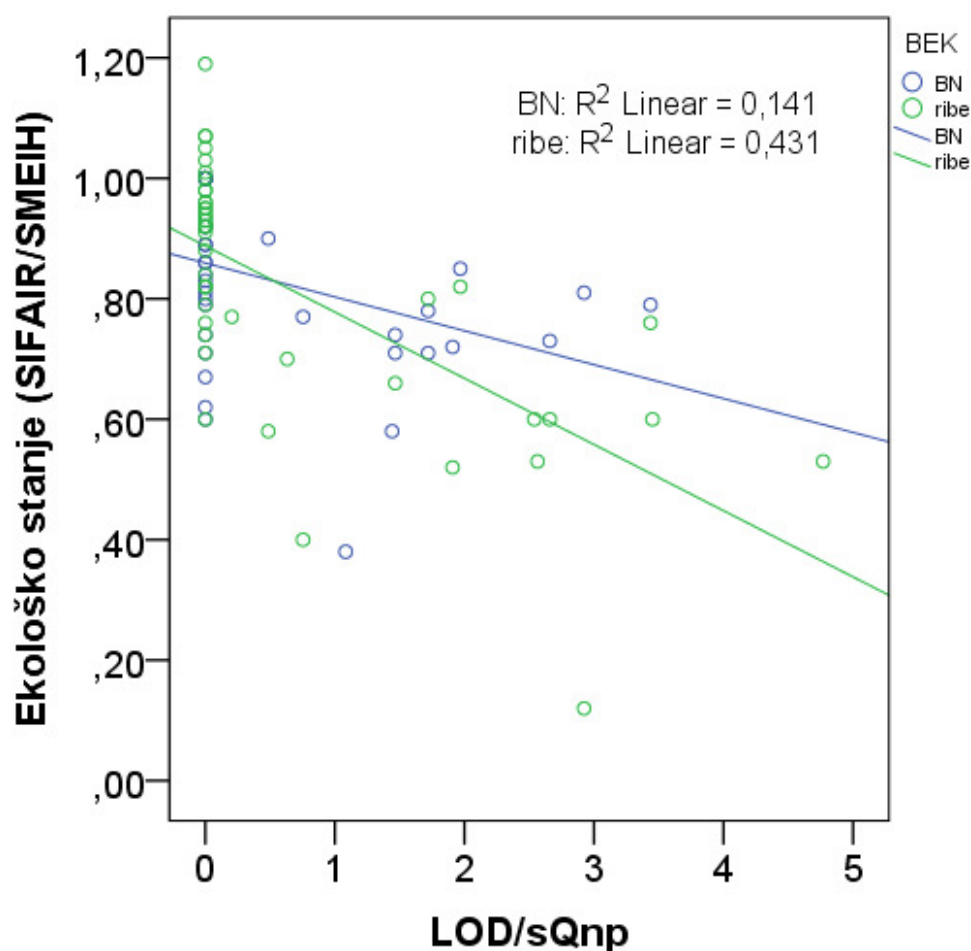
7.5 Odziv indeksov ekološkega stanja na podlagi rib in bentoških nevretenčarjev na odvzem vode

Za ugotavljanje vpliva odvzemov vode na ekološko stanje smo preverili povezavo med indeksom povprečnega trenutnega odvzema glede na srednji mali pretok (LOD/sQnp) in indeksom SIFAIR na podlagi rib ali indeksom SMEIH na podlagi bentoških nevretenčarjev. Najprej smo z enosmerno analizo kovariance (ANCOVA) preverili, ali se odziva indeksov razlikujeta vzdolž gradienta obremenitve (naklon krivulje) in ali se razlikujejo vrednosti indeksov pri istih vrednostih obremenitve. Analizo smo izvedli s programom PAST 2.08 (Hammer in sod. 2001).

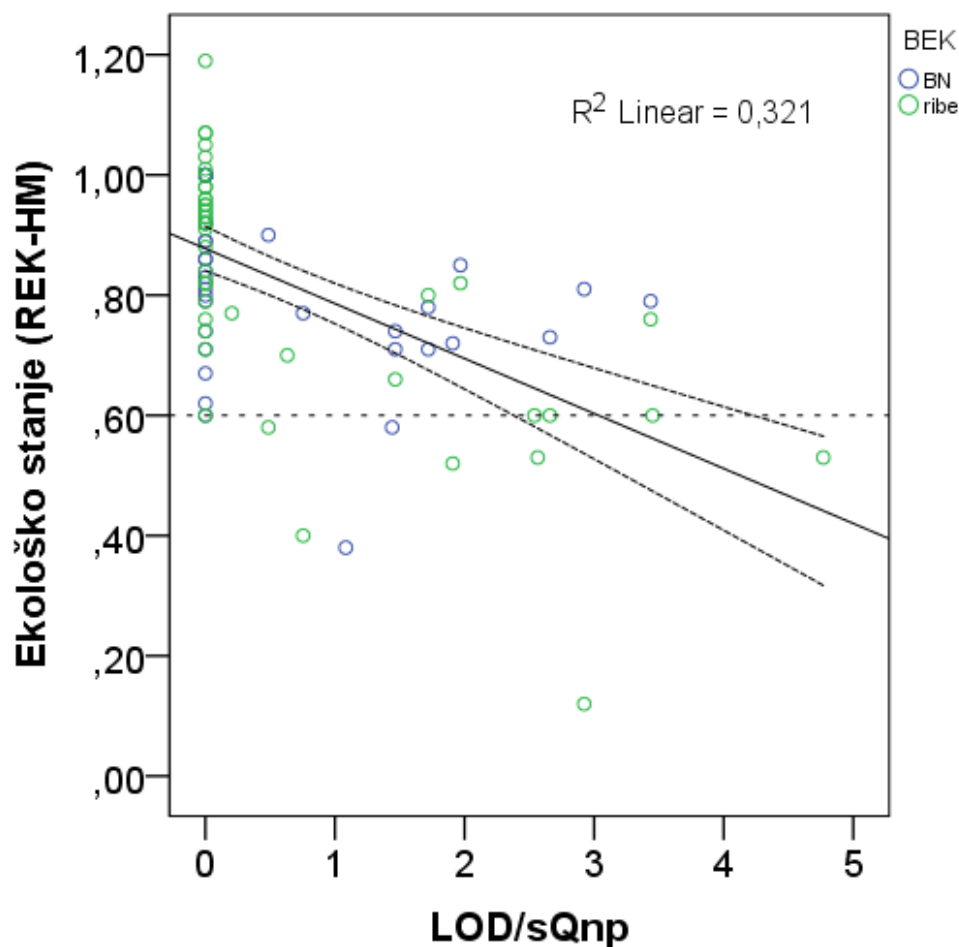
Ugotovili smo, da ne obstajajo statistično značilne razlike v odzivu indeksov SIFAIR in SMEIH na odvzem vode. Razlik nismo opazili v povprečnih vrednostih indeksov SIFAIR in SMEIH (enosmerna ANCOVA, $F = 0,0233$, $p > 0,05$), kot tudi ne v naklonu krivulj, s katerimi opišemo odziv teh indeksov na odvzem vode (enosmerna ANCOVA, $F = 3,083$, $p > 0,05$) (slika 104). Ker nismo ugotovili statistično značilnih razlik v odzivih, smo v nadaljnjih analizah pri ugotavljanju vpliva odvzemov vode na ekološko stanje seta podatkov za bentoške nevretenčarje in ribe združili, vrednosti indeksov za vrednotenje ekološkega stanja (SMEIH in SIFAIR) pa uporabili skupaj kot indeks REK-HM. Ugotovili smo, da se s povečevanjem relativnega odvzema vode statistično značilno ($p < 0,01$) poslabšuje ekološko stanje (REK-



HM) vodotoka (slika 104). Z upoštevanjem vrednosti $REK-HM = 0,6$ smo ugotovili, da je glede na ugotovljene povezave in interval zaupanja regresijske krivulje lahko dobro stanje doseženo pri vrednostih relativnega odvzema, ki niso večje kot 2,5–4,5 sQnp (slika 105). Z upoštevanjem regresijske krivulje pa je vrednost povprečnega odvzema, ki teoretično zagotavlja dobro stanje, okoli $3 * sQnp$. Z regresijsko krivuljo smo pojasnili le 32 % variabilnosti podatkov ($R^2 = 0,32$; slika 105), kar nakazuje, da ekološko stanje, izraženo z $REK-HM$, ni odvisno le od relativnega odvzema vode ampak tudi od drugih okoljskih dejavnikov.



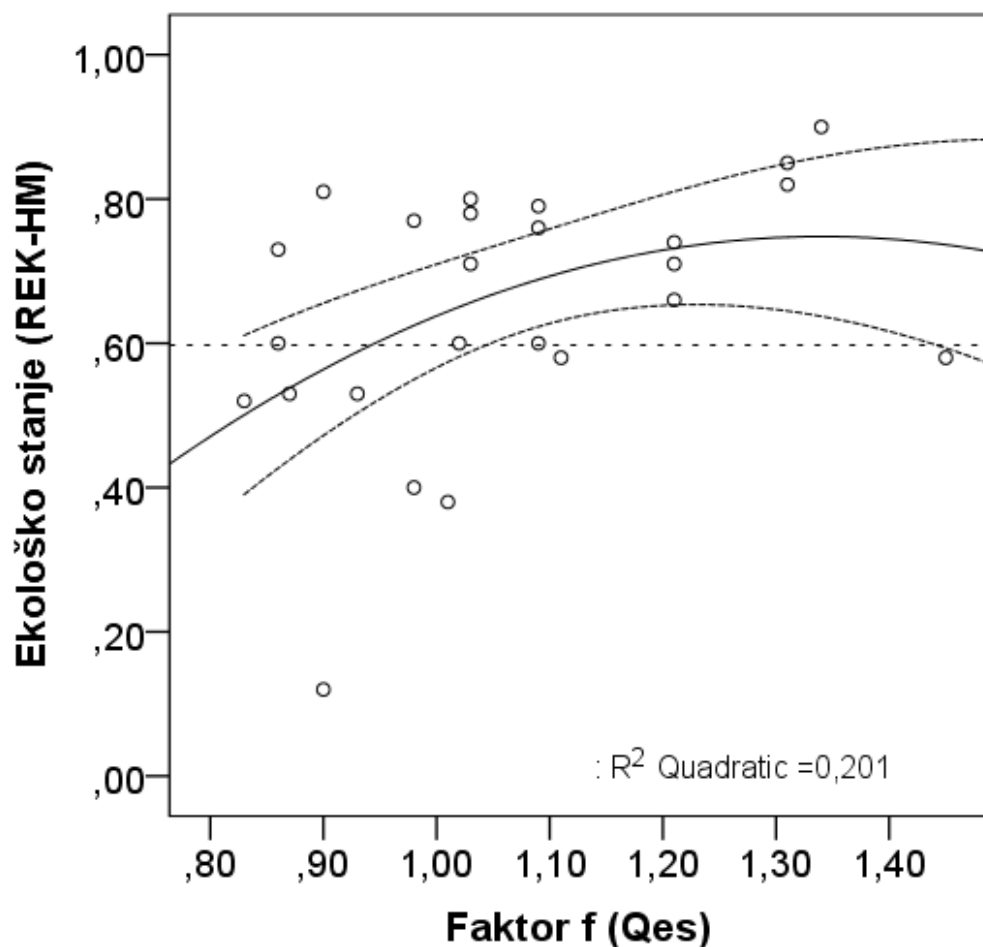
Slika . Povezava med relativnim povprečnim trenutnim odvzemom (LOD/sQnp) in ekološkim stanjem oz. vrednostmi REK na podlagi indeksa SIFAIR (ribe) in indeksa SMEIH (bentoški nevretenčarji - BN).



Slika . Povezava med relativnim povprečnim trenutnim odvzemom (LOD/sQnp) in vrednostmi REK-HM z označenim intervalom zaupanja regresijske krivulje in REK-HM vrednostjo 0,6; BN – bentoški nevretenčarji.

7.6 Preveritev faktorjev »f« iz Qes

Na podlagi zbranih podatkov smo preverili odnos med faktorji »f« in ekološkim stanjem le v razponu vrednosti »f« 0,8–1,5. Ugotovili smo, da se z višanjem vrednosti faktorja »f« povišuje tudi REK-HM vrednost oz. izboljšuje ekološko stanje (slika 106). Na podlagi modela smo ugotovili, da lahko pričakujemo dobro ekološko stanje ($REK-HM = 0,6$) pri minimalnih vrednostih faktorjev v razponu 0,8–1,1. Z upoštevanjem regresijske krivulje je vrednost faktorja »f«, ki teoretično zagotavlja dobro stanje, okoli 0,9. Čeprav je bila povezava statistično značilna ($p < 0,001$), smo z regresijskim modelom pojasnili le 20% variabilnosti podatkov (koeficient determinacije - $R^2 = 0,20$), kar nakazuje, da je ekološko stanje odvisno tudi od drugih okoljskih dejavnikov in ne le od minimalnega pretoka, določenega s faktorjem »f«, kot je zapisano v 7.členu Uredbe o Qes ($Qes = f \cdot sQnp$).



Slika . Povezava med faktorjem »f« iz Qes in ekološkim stanjem (vrednostmi REK-HM) z označenim intervalom zaupanja regresijske krivulje in REK-HM vrednostjo 0,6.

7.7 Razvoj orodja za izračun odvzema vode iz vodotoka z upoštevanjem ekološkega stanja

Na podlagi ugotovitev že izvedenih analiz je ekološko stanje (izraženo z REK-HM) posledica več dejavnikov obremenitev. Statistično značilne povezave smo ugotovili z relativnim odvzemom vode (povprečni trenutni odvzem - LOD oz. maksimalni trenutni odvzem – TOD), hidromorfološki značilnostmi in rabo tal v prispevnem območju. Zato smo v nadaljevanju z linearnim regresijskim modelom ugotavljali, kateri dejavniki obremenitve v kombinaciji z drugimi (LOD/sQnp oz. TOD/sQnp, indeks LUAL, indeks HQM) statistično značilno prispevajo k pojasnjevanju variabilnosti vrednosti REK-HM. Pred izvedbo analiz smo set podatkov razdelili na dva dela. V kalibracijski set smo uvrstili 140 vzorcev in jih uporabili za razvoj modela, medtem ko smo v validacijski set uvrstili 100 vzorcev za preverjanje ustreznosti oz.



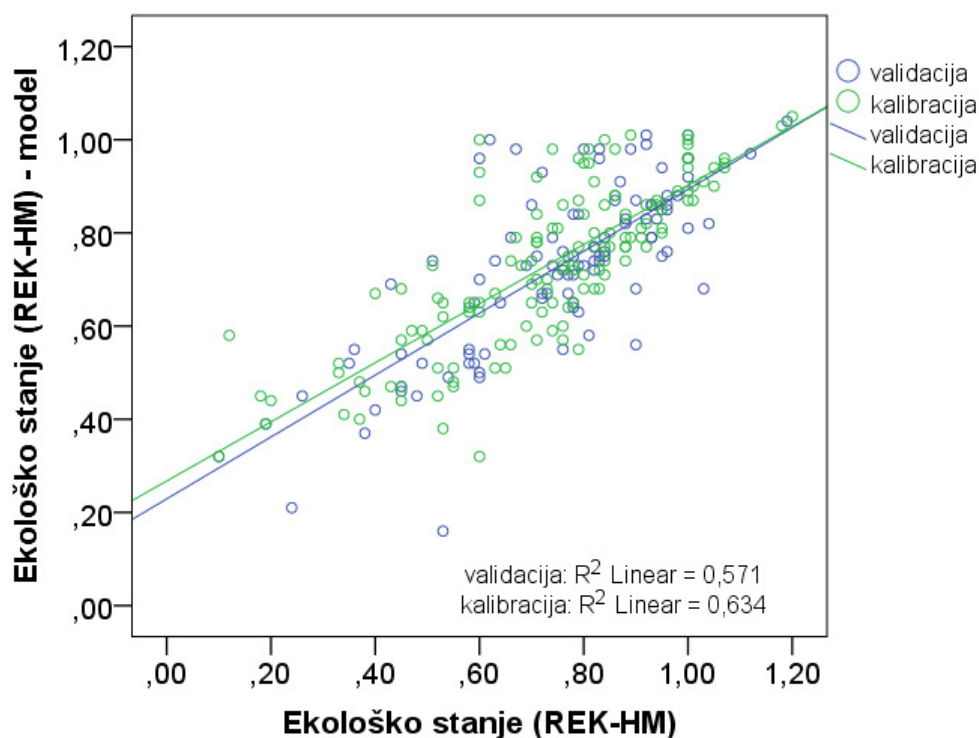
validacijo modela. Multiplo linearno regresijo smo izvedli s programom PAST 2.08 (Hammer in sod. 2001).

Na podlagi razvitega modela za določitev REK-HM z uporabo parametrov obremenitve smo določili enačbi za izračun vrednosti povprečnega trenutnega odvzema (LOD) in maksimalnega trenutnega odvzema (TOD). Pred izračunom vrednosti LOD oz. TOD je treba določiti ciljno vrednost ekološkega stanja (REK-HM) in upoštevati vrednosti indeksov LUAL in HQM na izbranem odseku vodotoka ter vrednost srednjega malega pretoke (sQnp). Kot primer smo izračunali vrednosti relativnega povprečnega odvzema (LOD/sQnp oz. TOD/sQnp) za ciljno vrednost REK-HM = 0,6 in REK-HM = 0,8, pri čemer smo upoštevali vse kombinacije šest vrednosti indeksa LUAL (0, 20, 40, 60, 80 in 100) ter indeksa HQM (0, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 in 1).

Na podlagi multiple regresije smo ugotovili, da REK-HM vrednosti najbolj opišemo z modelom (ANOVA, $F = 78,485$, prilagojen $R^2 = 0,63$, $p < 0,0001$), ki zajema relativni odzem (LOD/sQnp), hidromorfološke značilnosti (indeks HQM), rabo tal v prispevnem območju (indeks LUAL) ter tudi konstanto (Preglednica 73, slika 107). Za vse člene enačbe smo ugotovili, da statistično značilno ($p < 0,05$) prispevajo k pojasnjeni variabilnosti REK-HM, pri čemer smo najvišje standardizirane vrednosti ugotovili za indeks HQM, s katerim najbolj celostno opišemo hidromorfološke razmere izbranega odseka vodotoka. Dobro napovedljivost vrednosti REK-HM z razvitim modelom smo potrdili tudi s preveritvijo modela na validacijskem setu podatkov ($R^2 = 0,57$; slika 107).

Preglednica . Parametri modela za ekološko stanje (REK-HM) z relativnim povprečnim trenutnim odvzemom (LOD/sQnp) na podlagi multiple regresije, vrednosti koeficientov s standardno napako, vrednost testa (t), njihova statistična značilnost (p) in pojasnjena variabilnost (R^2)

Parameter	Koeficient	Standardna napaka	t	p	R^2
Konstanta	0,10212	0,045633	2,2378	0,026857	
LOD/sQnp	-0,06733	0,016934	-3,976	0,0001133	0,023814
Indeks LUAL	0,001901	0,00036887	5,15E+00	8,80E-07	0,26709
Indeks HQM	0,72099	0,064058	1,13E+01	3,54E-21	0,51775

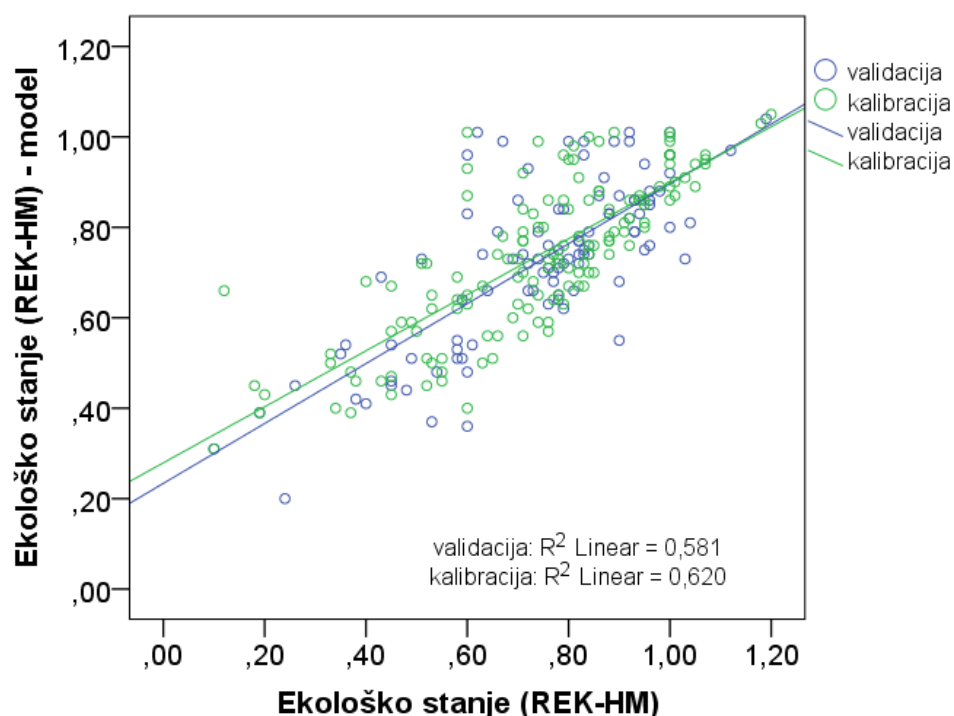


Slika . Povezava med ekološkim stanjem – vrednosti REK-HM in vrednostmi REK-HM izračunane na podlagi modela z uporabo relativnega povprečnega trenutnega odvzema (LOD/sQnp). Ločeno so prikazani rezultati za kalibracijski in validacijski set podatkov.

Podobno dobro (ANOVA, $F = 74,442$, prilagojen $R^2 = 0,62$, $p < 0,0001$) smo napovedali vrednosti REK-HM z modelom, ko smo namesto relativnega povprečnega trenutnega odvzema (LOD/sQnp) upoštevali relativni maksimalni trenutni odvzem (TOD/sQnp). Tudi v primeru tega modela so bili vsi členi (TOD/sQnp, indeks HQM, indeks LUAL in konstanta) statistično značilni ($p < 0,05$) (preglednica 74). Dobro napovedljivost vrednosti REK-HM z razvitim modelom smo potrdili tudi s preveritvijo modela na validacijskem setu podatkov ($R^2 = 0,58$; (slika 108).

Preglednica . Parametri modela za ekološko stanje (REK-HM) z relativnim maksimalnim trenutnim odvzemom (TOD/sQnp) na podlagi multiple regresije, vrednosti koeficientov s standardno napako, vrednost testa (t), njihova statistična značilnost (p) in pojasnjena variabilnost (R^2).

Parameter	Koeficient	Standardna napaka	t	p	R^2
Konstanta	0,092135	0,046558	1,9789	0,049843	
TOD/sQnp	-0,01833	0,0054494	-3,3633	0,0010007	0,0050231
Indeks LUAL	0,001982	0,00037504	5,2857	4,86E-07	0,2671
Indeks HQM	0,72472	0,065422	11,078	1,00E-20	0,51573



Slika . Povezava med ekološkim stanjem-vrednosti REK-HM in vrednostmi REK-HM izračunane na podlagi modela z uporabo relativnega maksimalnega povprečnega odvzema (TOD/sQnp). Ločeno so prikazani rezultati za kalibracijski in validacijski set podatkov.

Iz razvitih modelov na podlagi multiple regresije smo določili naslednji enačbi:

a) za izračun povprečnega trenutnega odvzema (LOD) (m^3/s):

$$LOD = 14,85 \times sQnp \times (0,72 \times HQM + 0,0019 \times LUAL + 0,10 - REK-HM)$$

kjer je:

sQnp – srednji mali pretok (m^3/s)

HQM – indeks hidromorfološke kakovosti in spremenjenosti

LUAL – indeks rabe zemljišč v Alpah

REK-HM – ciljna vrednost razmerja ekološke kakovosti (za indeksa SIFAIR in SMEIH)

b) za izračun maksimalnega trenutnega odvzema (TOD) (m^3/s):



$$TOD = 54,5 \times sQnp \times (0,72 \times HQM + 0,0020 \times LUAL + 0,09 - REK-HM)$$

kjer je:

sQnp – srednji mali pretok (m³/s)

HQM – indeks hidromorfološke kakovosti in spremenjenosti

LUAL – indeks rabe zemljišč v Alpah

REK-HM – ciljna vrednost razmerja ekološke kakovosti (za indeksa SIFAIR in SMEIH)

Ugotovili smo močno koreliranost obeh modelov ($r = 0,99$, $p < 0,001$), zato lahko vrednosti maksimalnega trenutnega odvzema (TOD) (m³/s) izračunamo tudi po naslednji enačbi:

$$TOD = 3,7 \times LOD - 0,3$$

kjer je:

LOD – povprečni trenutni odzem (m³/s)

Na podlagi simuliranih vrednosti indeksov HQM in LUAL smo določili teoretične vrednosti relativnega povprečnega trenutnega odvzema (LOD/sQnp) in relativnega maksimalnega trenutnega odvzema (TOD/sQnp) pri vrednostih REK-HM = 0,6 in REK-HM = 0,8 (preglednice 75-78). Na podlagi razvitih modelov smo podali pričakovanja, pri katerih vrednostih indeksov obremenitve bi odvzemi vode bili možni, v kolikor bi bile izbrane ciljne vrednosti REK-HM = 0,6 oz. 0,8. Glede na izračunane vrednosti ugotavljamo, da s ciljem ne poslabševanja ekološkega stanja povprečni trenutni odvzemi ne smejo biti višji kot tri-kratnik srednjega malega pretoka (sQnp) (preglednici 75 in 76). Pri ciljni vrednosti REK-HM = 0,6 smo teoretično izračunali vrednosti relativnega povprečnega trenutnega odvzema (LOD/sQnp) tudi > 3 , vendar bi verjetno v tem primeru poslabšali ekološko stanje iz zelo dobrega v dobro (preglednica 75). Ker sta LOD in TOD neposredno povezana, veljajo za TOD podobne ugotovitve; vrednosti TOD predvidoma ne smejo presegati vrednosti 11-kratnika sQnp.



Preglednica . Teoretične vrednosti relativnega povprečnega trenutnega odvzema (LOD/sQnp) pri izbranih vrednostih indeksov hidromorfološke kakovosti in spremenjenosti (HQM) in rabe tal v Alpah (LUAL) pri vrednosti ekološkega stanja – REK-HM = 0,6. Z rumeno barvo so označena polja, kjer je pričakovano zelo dobro ekološko stanje, z rdečo barvo so označena polja, kjer dobro ekološko stanje ni pričakovano.

HQM/LUAL	100	80	60	40	20	0
1	6,1	5,6	5,0	4,4	3,9	3,3
0,8	4,0	3,4	2,9	2,3	1,7	1,2
0,6	1,9	1,3	0,7	0,2	-0,4	-1,0
0,4	-0,3	-0,9	-1,4	-2,0	-2,5	-3,1
0,2	-2,4	-3,0	-3,6	-4,1	-4,7	-5,3
0	-4,6	-5,1	-5,7	-6,3	-6,8	-7,4

Preglednica . Teoretične vrednosti relativnega povprečnega trenutnega odvzema (LOD/sQnp) pri izbranih vrednostih indeksov hidromorfološke kakovosti in spremenjenosti (HQM) in rabe tal v Alpah (LUAL) pri vrednosti ekološkega stanja – REK-HM = 0,8. Z rdečo barvo so označena polja, kjer zelo dobro ekološko stanje ni pričakovano.

HQM/LUAL	100	80	60	40	20	0
1	3,2	2,6	2,0	1,5	0,9	0,3
0,8	1,0	0,5	-0,1	-0,7	-1,2	-1,8
0,6	-1,1	-1,7	-2,2	-2,8	-3,4	-3,9
0,4	-3,3	-3,8	-4,4	-5,0	-5,5	-6,1
0,2	-5,4	-6,0	-6,5	-7,1	-7,7	-8,2
0	-7,5	-8,1	-8,7	-9,2	-9,8	-10,4



Preglednica . Teoretične vrednosti relativnega maksimalnega trenutnega odvzema (TOD/sQnp) pri izbranih vrednostih indeksov hidromorfološke kakovosti in spremenjenosti (HQM) in rabe tal v Alpah (LUAL) pri vrednosti ekološkega stanja – REK-HM = 0,6. Z rumeno barvo so označena polja, kjer je pričakovano zelo dobro ekološko stanje, z rdečo barvo so označena polja, kjer dobro ekološko stanje ni pričakovano.

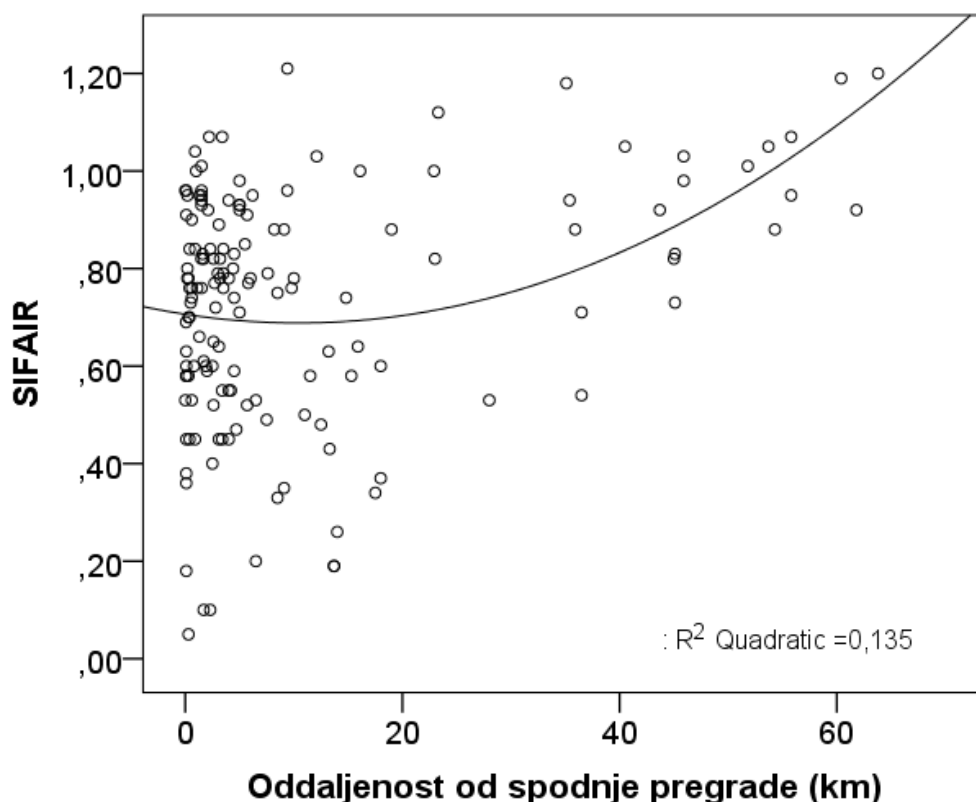
HQM/LUAL	100	80	60	40	20	0
1	22,6	20,5	18,3	16,1	14,0	11,8
0,8	14,7	12,6	10,4	8,2	6,1	3,9
0,6	6,8	4,7	2,5	0,3	-1,8	-4,0
0,4	-1,1	-3,2	-5,4	-7,6	-9,7	-11,9
0,2	-9,0	-11,1	-13,3	-15,5	-17,6	-19,8
0	-16,9	-19,0	-21,2	-23,4	-25,5	-27,7

Preglednica . Teoretične vrednosti relativnega maksimalnega trenutnega odvzema (TOD/sQnp) pri izbranih vrednostih indeksov hidromorfološke kakovosti in spremenjenosti (HQM) in rabe tal v Alpah (LUAL) pri vrednosti ekološkega stanja – REK-HM = 0,8. Z rdečo barvo so označena polja, kjer zelo dobro ekološko stanje ni pričakovano.

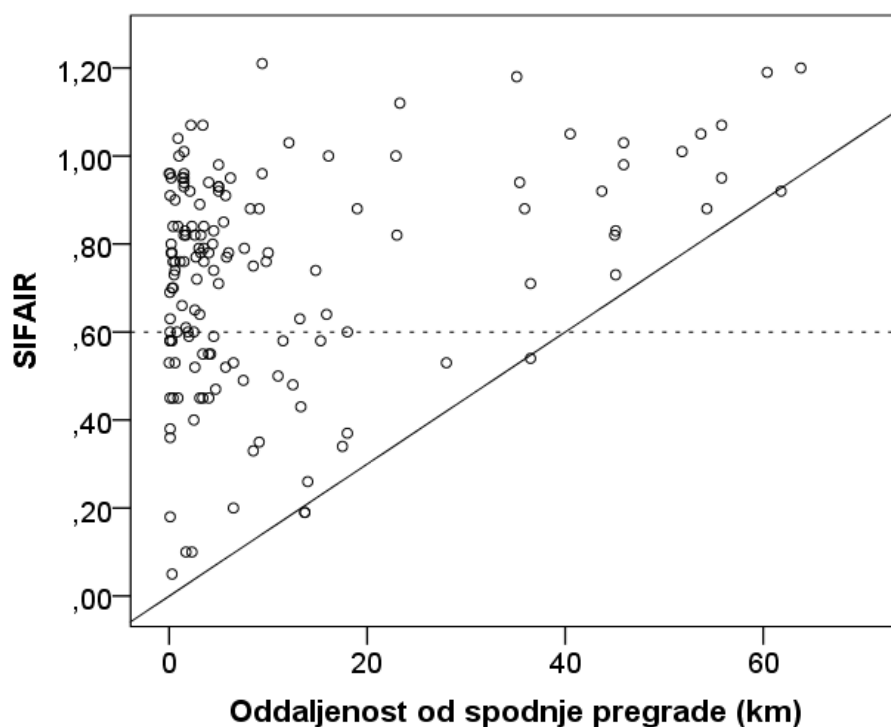
HQM/LUAL	100	80	60	40	20	0
1	11,7	9,6	7,4	5,2	3,1	0,9
0,8	3,8	1,7	-0,5	-2,7	-4,8	-7,0
0,6	-4,1	-6,2	-8,4	-10,6	-12,7	-14,9
0,4	-12,0	-14,1	-16,3	-18,5	-20,6	-22,8
0,2	-19,9	-22,0	-24,2	-26,4	-28,5	-30,7
0	-27,8	-29,9	-32,1	-34,3	-36,4	-38,6

7.8 Odziv indeksov ekološkega stanja na podlagi rib na oddaljenost od dolvodne pregrade

Na združbe rib v hidroekoregiji Alpe pomembno vplivajo tudi dolvodne pregrade (Podgornik in Urbanič, 2011, 2012). Da razred oddaljenosti od dolvodne pregrade statistično značilno pojasnjuje sestavo združb rib smo potrdili tudi v naši raziskavi. V tem delu raziskave smo preverjali povezavo med indeksom ekološkega stanja na podlagi rib (SIFAIR) in oddaljenostjo od dolvodne pregrade. Ugotovili smo, da med oddaljenostjo od pregrade in indeksom SIFAIR obstaja sicer šibka vendar statistično značilna negativna povezava ($R^2 = 0,14$, $p < 0,01$) (slika 109). Z večanjem oddaljenosti od dolvodne pregrade se povišuje vrednost indeksa SIFAIR. Glede na saturacijsko krivuljo lahko šele pri oddaljenosti od dolvodne pregrade > 40 km pričakujemo doseženo dobro ekološko stanje (slika 110). Zaradi relativno velike ugotovljene oddaljenosti, na katero gotovo vplivajo tudi drugi dejavniki (npr. stanje habitata), in prisotnosti številnih pregrad na vodotokih v hidroekoregiji Alpe, je za doseganje dobrega ekološkega stanja nujno, da so pregrade prehodne za za ribji tip značilne ribe.



Slika . Povezava med oddaljenostjo od spodnje pregrade in vrednostmi indeksa vrednotenja ekološkega stanja na podlagi rib (SIFAIR) z regresijsko krivuljo.



Slika . Povezava med oddaljenostjo od spodnje pregrade in vrednostmi indeksa vrednotenja ekološkega stanja na podlagi rib (SIFAIR) z narisano saturacijsko krivuljo in vrednostjo indeksa SIFAIR = 0,6.

7.9 Viri

Anderson, M. J. 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance . *Austral Ecology*, 26: 32–46

Hammer, O., Harper, D. A. T., Ryan, P. D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1): 1-9.

Legendre, P., Legendre, L. 1998. *Numerical Ecology. Developments in Environmental Modelling* 20 (2nd Englis., p. 853). Amsterdam: Elsevier. Retrieved from http://www.elsevier.com/wps/find/bookdescription.cws_home/601498/description

Lepš, J., Šmilauer, P. 2003. *Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO* (p. 269). Cambrige: Cambrige University Press.

Pavlin, M. 2012. Povezava med spremenljivkami eutrofikacije in združbo bentoških nevretenčarjev v celinskih vodah Slovenije. Doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Ljubljana, 156 str.



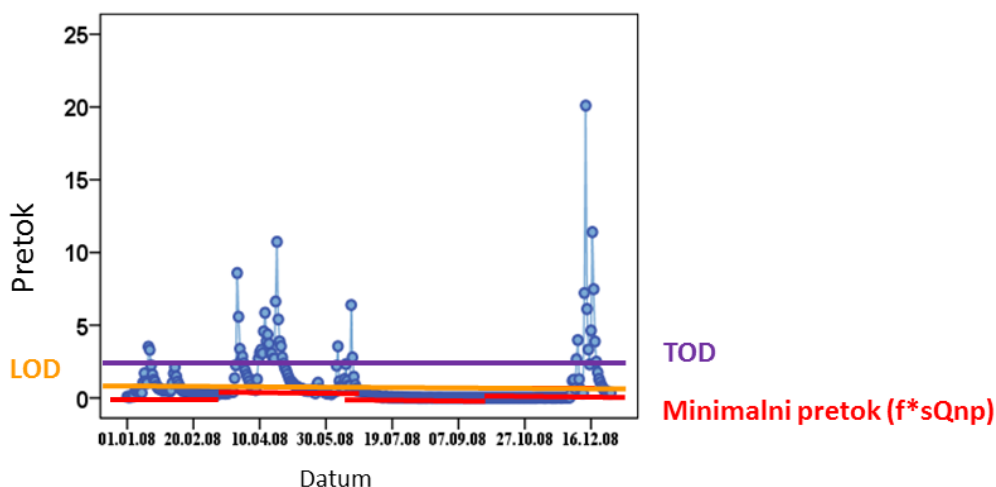
- Petkovska, V., Urbanič, G., Mikoš, M. 2015. Variety of the guiding image of rivers – defined for ecologically relevant habitat features at the meeting of the alpine, mediterranean, lowland and karst regions. *Ecological Engineering*, 81: 373-386
- Podgornik, S., Urbanič, G. 2011. Metodologija vrednotenja ekološkega stanja z ribami za male in srednje velike reke donavskega porečja ekoregije Alpe. Poročilo o projektni nalogi. Zavod za ribištvo Slovenije, Spodnje Gameljne, 67 str.
- Podgornik, S., Urbanič, G. 2012. Metodologija vrednotenja ekološkega stanja z ribami za male in srednje velike reke jadranskega povodja ekoregije Alpe. Poročilo o projektni nalogi. Zavod za ribištvo Slovenije, Spodnje Gameljne, 56 str.
- Tavzes, B., Urbanič, G. 2009. New indices for assessment of hydromorphological alteration of rivers and their evaluation with benthic invertebrate communities; Alpine case study. *Review of Hydrobiology*, 2: 133–161
- Ter Braak, C. J. F., Verdonschot, P. F. M. 1995. Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic Sciences*, 57, 3: 153–187.
- Uradni list RS, št. 97/2009. Uredba o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka, str. 12919.
- Uradni list RS, št. 14/2009. Uredba o stanju površinskih voda, str. 1757.
- Urbanič, G. 2014. Hydromorphological degradation impact on benthic invertebrates in large rivers in Slovenia. *Hydrobiologia*, 729(1): 191-207.
- Urbanič, G., Mohorko, T., Peterlin, M., Petkovska, V., Štupnikar, N., Remec-Rekar, Š., Francé, J., Eleršek, T., Kosi, G., Mavrič, B., Orlando-Bonaca, M., Bajt, O., Mozetič, P., Germ, M., Pavlin Urbanič, M., Podgornik, S. 2013. Uredba o stanju površinskih voda: priprava strokovnih podlag: poročilo o delu za leto 2013. Ljubljana, Inštitut za vode Republike Slovenije: 63 str.
- Urbanič, G., Petkovska, V., Dolinar, N., Kuhar, U., Remec-Rekar, Š., Rotar, B., Sever, M., Eleršek, T., Francé, J., Kosi, G., Mavrič, B., Orlando-Bonaca, M., Germ, M., Gaberščik, A., Podgornik, S., 2015. Dopolnitev metodologij vrednotenja ekološkega stanja in razvrščanja vodnih teles površinskih voda na podlagi bioloških elementov kakovosti pripravljenih v letu 2013. Ljubljana, Inštitut za vode Republike Slovenije: 21 str. in priloge.

8 PREDLOG DOPOLNITVE UREDBE O EKOLOŠKO SPREJEMLJIVEM PRETOKU (QES)

Uredba o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka (v nadaljevanju: Uredba o Qes) (Ur. l. RS, št. 97/09) določa kriterije za določitev Qes ter način spremljanja in poročanja o Qes. 5. člen uredbe predpisuje, da se Qes določi na podlagi hidroloških izhodišč za določitev ekološko sprejemljivega pretoka, značilnosti odvzema vode, hidroloških, hidromorfoloških in bioloških značilnosti vodotoka ter podatkov o varstvenih režimih, na katere lahko vpliva nameravana posebna raba površinske vode.

V tej raziskavi smo ugotavljali povezave med elementi ekološkega stanja in ekološko sprejemljivim pretokom le na malih vodotokih (10-100 km²) hidroekoregije Alpe. Čeprav ugotovitve, ki jih podajamo, veljajo le za te tipe vodotokov, je dejstvo, da so podani predlogi dopolnitve Uredbe o Qes lahko izhodišče dopolnjenega koncepta Uredbe o Qes tudi za ostale tipe vodotokov. Osnovni cilj naše raziskave je bil izvesti analize in priti do spoznanj, ki bodo omogočile pripravo predloga dopolnitev, ki bo upošteval ekološko stanje in interkalibrirane biološke metode vrednotenja ekološkega stanja ter bo nadgradil obstoječi pristop Uredbe o Qes na sledeči način:

- v 7. členu Uredbe o Qes ohraniti relativno enostaven »hidrološki« pristop, vendar ga dopolniti in nadgraditi z novimi parametri, ki kljub odvzemu vode omogočajo ohranjanje značilnosti hidrološkega režima, ki so podobne naravnemu hidrološkemu režimu (slika 111) in tako odražajo neposredno povezavo z ekološkim stanjem;
- v 8. členu ohraniti celovit pristop, vendar z upoštevanjem obstoječih interkalibriranih bioloških metod vrednotenja ekološkega stanja.



Slika . Hidrološki parametri predloga dopolnitve Uredbe o Qes. LOD – povprečni trenutni odzem, TOD – maksimalni trenutni odzem, sQnp – srednji mali pretok, f – faktor f.



Ker kriteriji, podani v tem poročilu, veljajo le za male alpske vodotoke, je treba za dopolnitev Uredbe o Qes tudi za druge tipe vodotokov izvesti podobne raziskave, da bi lahko na podoben način določili kriterije, ki omogočajo doseganje ciljev Vodne direktive.

8.1 Predlog dopolnitve 7. člena

V 7. členu Uredbe o Qes je podana metoda določitve hidroloških izhodišč, ki so pogosto tudi edini kriterij za določitev Qes. Hidrološka izhodišča so vrednosti srednjega malega (sQ_{np}) in srednjega pretoka (sQ_s) na mestu odvzema, ki se pridobijo iz podatkov državnega hidrološkega monitoringa, ki ga izvaja Agencija Republike Slovenije za okolje. Qes se na podlagi hidroloških izhodišč določi z izračunom po naslednji enačbi: $Qes = f * sQ_{np}$, pri čemer je f faktor, odvisen od ekološkega tipa vodotoka, in sQ_{np} srednji mali pretok.

Na podlagi 7. člena Uredbe o Qes dobimo le podatek o »minimalnem pretoku«, ki bi na podlagi naših rezultatov v primeru malih alpskih vodotokov moral biti v nekaterih primerih višji. Zaradi omejene količine bioloških vzorcev z odsekov rek z odvzemi vode, ki imajo določene različne faktorje f , vseh faktorjev določenih v Uredbi o Qes nismo mogli preveriti, zato podajamo v nadaljevanju le kriterij, ki smo ga ugotovili z uporabo razpoložljivih podatkov. Ker samo minimalni pretok ne omogoča ohranjanja naravne dinamike hidrološkega režima, dodajamo še druge hidrološke parametre, vključujemo pa tudi parameter za upoštevanje prehodnosti pregrad.

- a) Minimalni pretok: faktorji » f « naj ne bodo manjši od 0,9 oz. kot minimalni pretok naj ne bodo določene vrednosti $< 0,9 * sQ_{np}$.
- b) Dodan naj bo kriterij za povprečni trenutni odvzem (LOD); za male alpske vodotoke naj bo LOD izračunan iz modela, ki smo ga razvili v tej raziskavi in upošteva rabo tal v prispevnem območju (indeks LUAL), hidromorfološke značilnosti vzorčnega odseka (indeks HQM), določena pa mora biti tudi ciljna vrednost ekološkega stanja (REK-HM).
- c) Dodan naj bo kriterij za maksimalni trenutni odvzem (TOD); za male alpske vodotoke naj bo TOD izračunan iz modela, ki smo ga razvili v tej raziskavi in upošteva rabo tal v prispevnem območju (indeks LUAL), hidromorfološke značilnosti vzorčnega odseka (indeks HQM), določena pa mora biti tudi ciljna vrednost ekološkega stanja (REK-HM), oz. iz vrednosti LOD z uporabo v tej raziskavi podane enačbe.
- d) Pregrade naj bodo prehodne za za ribji tip značilne ribe glede na ribji tip vodotoka, na katerem se pregrada nahaja.



8.2 Predlog dopolnitve 8. člena

Poleg hidrološke metode je po Uredbi o Qes mogoč tudi celovit pristop (celovita metoda) k določanju Qes. Ne glede na določitev na podlagi hidroloških izhodišč, se Qes po 8. členu Uredbe o Qes lahko določi na podlagi študije za določitev Qes, ki jo ob vložitvi pobude oziroma vloge predloži pobudnik oziroma vlagatelj vloge za pridobitev vodne pravice. Minimalne zahteve za izdelavo študije za določitev Qes so določene v Prilogi 3 Uredbe o Qes. Predlagamo, da se Priloga 3 Uredbe o Qes dopolni tako, da se v študiji podajo kriteriji za iste parametre kot po predlaganem dopolnjenem 7. členu, torej za minimalni pretok, povprečni trenutni odvzem (LOD), povprečni maksimalni odvzem (TOD) in prehodnost pregrad. Ker je vsak vodotok nekoliko drugačen, modeli pa imajo omejeno zanesljivost napovedovanja razmer, so vrednosti določene po 8. členu lahko drugačne od vrednosti izračunanih po 7. členu. Vsekakor je v metodi po 8. členu treba dokazati, da podatki o ekološkem stanju z izbranega vodotoka odstopajo od vrednosti, pričakovanih na podlagi obremenitev, uporabljenih v modelih za določitev Qes po dopolnjenem 7. členu uredbe za katerikoli parameter (minimalni pretok, LOD, TOD), pri čemer se uporabijo isti indeksi ekološkega stanja (SMEIH in SIFAIR). S takimi raziskavami bi lahko tudi pridobili dodatne podatke ter v prihodnje dopolnili v tej raziskavi razvite modele.

8.3 Viri

Uradni list RS, št. 97/2009. Uredba o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka, str. 12919.



9 PRILOGE

Priloga . Vhodni podatki (v *.xlsx obliki)

Priloga . Simultane hidrometrične meritve - SHM_VM0102 (1 do 30)

Priloga . Simultane hidrometrične meritve - SHM_VM0910 (1 do 24)

Priloga . Simultane hidrometrične meritve - SHM_VM0506 (1 do 31)



Priloga . Rezultati fizikalno-kemijskih analiz vode na desetih vzorčnih mestih.

Zšt.	Vodotok	Najbližji kraj	Datum vzorčenja	BPK ₅	KPK	TP(PO ₄ -P)	TP(PO ₄)	PO ₄ ³⁻	TN	NH ₄ -N	NH ₄	NO ₃ ⁻ N	NO ₃ ⁻	Susp
1	Mostnica	Stara Fužina	8.12.2014	3,4	12,8	<0,05	<0,15	<0,02	<1,0	0,021	0,026	0,500	2,22	0,5
2	Mostnica	Obla gorica	8.12.2014	<0,1	14,5	<0,05	<0,15	<0,02	<1,0	<0,015	<0,02	0,477	2,11	1,2
3	Kneža	Loje	8.12.2014	<0,1	10,6	<0,05	<0,15	<0,02	<1,0	0,022	0,028	0,814	3,60	7,5
4	Kneža	Polica	8.12.2014	<0,1	10,5	<0,05	<0,15	<0,02	<1,0	0,015	<0,02	0,920	4,07	3,6
5	Cerknica	Franja	8.12.2014	<0,1	9,5	0,084	0,258	0,039	<1,0	0,031	0,039	0,654	2,90	16,9
6	Cerknica	Magajne	8.12.2014	<0,1	18,0	<0,05	<0,15	0,037	1,0	0,028	0,036	0,657	2,91	9,3
7	Oplotnica	Oplotnica	10.12.2014	0,3	5,7	0,139	0,424	0,349	1,3	<0,015	<0,02	0,934	4,14	1,7
8	Oplotnica	Cezlak	10.12.2014	<0,1	5,6	<0,05	<0,15	0,044	1,2	<0,015	<0,02	0,563	2,49	7,5
9	Suhodolnica	Smrčun	10.12.2014	<0,1	<5,0	<0,05	<0,15	0,038	<1,0	0,016	0,02	0,737	3,26	3,0
10	Suhodolnica	Herman	10.12.2014	<0,1	6,2	<0,05	<0,15	0,035	1,0	0,019	0,025	0,630	2,79	3,9
11	Mostnica	Stara Fužina	19.03.2015	<0,1	<5,0	<0,05	<0,15	0,023	<1,0	<0,015	<0,02	0,656	2,90	3,9
12	Mostnica	Obla gorica	19.03.2015	<0,1	<5,0	<0,05	<0,15	0,023	<1,0	<0,015	<0,02	0,520	2,30	4,4
13	Kneža	Loje	19.03.2015	<0,1	<5,0	<0,05	<0,15	<0,02	1,2	<0,015	<0,02	0,809	3,58	1,0
14	Kneža	Polica	19.03.2015	<0,1	<5,0	<0,05	<0,15	0,027	1,0	<0,015	<0,02	0,940	4,16	5,0
15	Cerknica	Franja	19.03.2015	0,6	<5,0	<0,05	<0,15	0,034	1,1	0,092	0,022	0,674	2,98	5,0
16	Cerknica	Magajne	19.03.2015	<0,1	<5,0	<0,05	<0,15	0,044	<1,0	0,016	<0,02	0,734	3,25	6,0
17	Oplotnica	Oplotnica	17.03.2015	<0,1	<5,0	<0,05	<0,15	0,026	2,4	0,024	0,031	1,130	4,99	0,9
18	Oplotnica	Cezlak	17.03.2015	<0,1	<5,0	<0,05	<0,15	0,051	1,3	0,018	0,023	0,578	2,56	6,6
19	Suhodolnica	Smrčun	17.03.2015	<0,1	<5,0	<0,05	<0,15	0,021	3,1	<0,015	<0,02	0,705	3,12	0,6
20	Suhodolnica	Herman	17.03.2015	<0,1	<5,0	0,169	0,516	0,078	2,0	0,019	0,025	1,320	5,83	4,6
21	Mostnica	Stara Fužina	8.06.2015	<0,1	8,0	0,214	0,656	0,427	1,2	0,055	0,07	0,504	2,23	2,4
22	Mostnica	Obla gorica	8.06.2015	<0,1	8,2	<0,05	<0,15	0,023	<1,0	0,015	0,02	0,484	2,14	6,5
23	Kneža	Loje	8.06.2015	<0,1	6,3	<0,05	<0,15	0,033	1,2	0,160	0,02	0,771	3,41	5,0
24	Kneža	Polica	8.06.2015	<0,1	6,4	<0,05	<0,15	0,022	1,7	0,015	0,02	0,779	3,45	1,3
25	Cerknica	Franja	8.06.2015	4,2	6,2	<0,05	<0,15	0,040	1,7	0,026	0,033	0,831	3,68	0,9
26	Cerknica	Magajne	8.06.2015	<0,1	7,2	<0,05	<0,15	0,047	4,2	0,020	0,026	0,778	3,44	1,4
27	Oplotnica	Oplotnica	10.06.2015	<0,1	17,2	<0,05	<0,15	0,026	<1,0	0,015	<0,02	0,541	2,39	8,7
28	Oplotnica	Cezlak	10.06.2015	<0,1	12,3	<0,05	<0,15	0,028	<1,0	<0,015	<0,02	0,404	1,79	2,7
29	Suhodolnica	Smrčun	10.06.2015	<0,1	7,1	<0,05	<0,15	<0,02	1,6	<0,015	<0,02	0,708	3,13	7,4
30	Suhodolnica	Herman	10.06.2015	0,0	7,8	<0,05	<0,15	0,029	1,0	0,022	0,028	0,719	3,18	4,9
31	Mostnica	Stara Fužina	9.09.2015	<0,1	<5,0	<0,05	<0,15	0,031	1,4	<0,015	<0,02	0,713	3,16	4,2
32	Mostnica	Obla gorica	9.09.2015	<0,1	<5,0	<0,05	<0,15	<0,02	<1,0	<0,015	<0,02	0,640	2,83	0,0
33	Kneža	Loje	9.09.2015	<0,1	<5,0	<0,05	<0,15	0,028	1,8	<0,015	<0,02	0,939	4,16	2,6
34	Kneža	Polica	9.09.2015	<0,1	<5,0	<0,05	<0,15	<0,02	1,0	<0,015	<0,02	1,030	4,55	5,7
35	Cerknica	Franja	9.09.2015	<0,1	<5,0	<0,05	<0,15	<0,02	1,5	0,022	0,028	0,839	3,72	4,2
36	Cerknica	Magajne	9.09.2015	<0,1	<5,0	<0,05	<0,15	0,025	1,5	<0,015	<0,02	0,703	3,11	14,2
37	Oplotnica	Oplotnica	10.09.2015	<0,1	6,0	<0,05	<0,15	0,021	1,4	<0,015	<0,02	0,613	2,72	13,0
38	Oplotnica	Cezlak	10.09.2015	2,0	<5,0	<0,05	<0,15	0,030	1,4	0,021	0,027	0,529	2,34	12,9
39	Suhodolnica	Smrčun	10.09.2015	<0,1	<5,0	<0,05	<0,15	<0,02	1,4	<0,015	0,009	0,726	3,21	9,1
40	Suhodolnica	Herman	10.09.2015	0,0	6,6	<0,05	<0,15	0,030	2,5	0,023	0,030	0,894	3,96	8,5

Se nadaljuje



....nadaljevanje.

Zšt.	Vodotok	Najbližji kraj	Datum vzorčenja	m-alk	dH	Ca ²⁺	Mg ⁺	Cl ⁻	NO ₂ -N	NO ₂	SO ₄ ²⁻	TC	TIC	TOC
1	Mostnica	Stara Fužina	8.12.2014	3,03	9,1	56,8	4,9	<1,0	<0,002	<0,005	<2	18,7	15,7	3,0
2	Mostnica	Obla gorica	8.12.2014	3,22	8,7	50,7	6,9	<1,0	<0,002	<0,005	<2	28,2	22,2	6,0
3	Kneža	Loje	8.12.2014	3,13	8,7	55,0	4,3	<1,0	<0,002	<0,005	5	45,4	36,4	9,0
4	Kneža	Polica	8.12.2014	3,49	8,7	52,9	5,5	<1,0	<0,002	<0,005	4	37,1	25,7	11,4
5	Cerknica	Franja	8.12.2014	2,00	6,3	40,8	2,7	2,3	<0,002	<0,005	6	18,6	13,4	5,2
6	Cerknica	Magajne	8.12.2014	2,45	6,5	46,9	8,1	2,3	0,002	0,008	10	23,8	13,5	10,3
7	Oplotnica	Oplotnica	10.12.2014	1,09	3,8	23,7	<3,0	6,0	<0,002	<0,005	4	20,6	16,7	3,9
8	Oplotnica	Cezlak	10.12.2014	1,03	2,7	16,5	<3,0	2,4	<0,002	<0,005	5	17,4	12,7	4,7
9	Suhodolnica	Smrčun	10.12.2014	3,78	12,1	65,6	12,8	1,2	<0,002	<0,005	9	54,6	49,4	5,1
10	Suhodolnica	Herman	10.12.2014	3,71	12,1	62,5	14,3	1,5	<0,002	<0,005	4	56,5	48,6	7,9
11	Mostnica	Stara Fužina	19.03.2015	2,76	7,8	52,9	<3,0	<1,0	<0,002	<0,005	<2	40,3	35,1	5,2
12	Mostnica	Obla gorica	19.03.2015	3,18	8,0	54,9	<3,0	<1,0	<0,002	<0,005	2	39,6	36,0	3,6
13	Kneža	Loje	19.03.2015	2,98	8,6	53,3	4,7	1,6	<0,002	<0,005	6	40,5	36,5	4,0
14	Kneža	Polica	19.03.2015	2,97	8,3	50,0	5,7	1,9	<0,002	<0,005	6	40,5	37,5	3,0
15	Cerknica	Franja	19.03.2015	2,67	8,5	53,2	4,6	4,7	0,002	0,008	9	38,1	34,7	3,3
16	Cerknica	Magajne	19.03.2015	2,48	7,5	50,3	<3,0	5,9	0,002	0,007	10	34,7	30,3	4,4
17	Oplotnica	Oplotnica	17.03.2015	1,75	3,2	22,9	<3,0	4,3	<0,002	<0,005	4	16,9	15,2	<2,0
18	Oplotnica	Cezlak	17.03.2015	1,05	2,2	15,6	<3,0	1,2	<0,002	<0,005	6	16,3	12,0	4,2
19	Suhodolnica	Smrčun	17.03.2015	3,99	12,1	59,9	16,2	<1,0	<0,002	<0,005	12	50,1	48,0	2,1
20	Suhodolnica	Herman	17.03.2015	3,64	11,5	61,0	12,6	1,3	0,002	0,005	6	50,2	47,2	2,9
21	Mostnica	Stara Fužina	8.06.2015	2,59	6,6	45,9	<3,0	<1,0	<0,002	<0,005	<2	35,2	33,1	2,1
22	Mostnica	Obla gorica	8.06.2015	2,80	7,3	46,5	3,6	1,2	<0,002	<0,005	<2	38,1	33,6	4,5
23	Kneža	Loje	8.06.2015	2,50	7,2	43,1	4,8	1,9	<0,002	<0,005	3	36,8	34,6	2,9
24	Kneža	Polica	8.06.2015	2,36	7,3	45,3	4,1	1,6	<0,002	<0,005	3	36,8	33,8	2,2
25	Cerknica	Franja	8.06.2015	2,82	8,8	52,6	6,2	6,4	<0,002	<0,005	10	43,1	39,6	3,5
26	Cerknica	Magajne	8.06.2015	2,37	7,6	51,3	<3,0	6,4	<0,002	<0,005	12	46,4	34,0	12,4
27	Oplotnica	Oplotnica	10.06.2015	0,93	2,4	17,1	<3,0	2,1	0,002	0,007	4	18,5	11,0	6,5
28	Oplotnica	Cezlak	10.06.2015	1,07	2,5	18,0	<3,0	2,1	<0,002	<0,005	5	18,1	13,2	5,0
29	Suhodolnica	Smrčun	10.06.2015	3,53	10,9	59,7	11,0	1,0	0,002	0,007	11	50,2	46,8	3,4
30	Suhodolnica	Herman	10.06.2015	3,84	10,8	58,6	11,4	<1,0	0,003	0,009	5	48,6	43,0	5,6
31	Mostnica	Stara Fužina	9.09.2015	2,85	8,5	54,8	3,7	<1,0	<0,002	<0,005	<2	39,5	36,5	3,1
32	Mostnica	Obla gorica	9.09.2015	2,84	8,2	54,2	<3,0	<1,0	<0,002	<0,005	<2	36,8	36,4	<2,0
33	Kneža	Loje	9.09.2015	2,91	10,1	53,5	9,9	<1,0	<0,002	<0,005	7	37,1	36,2	<2,0
34	Kneža	Polica	9.09.2015	0,75	8,6	52,6	5,5	<1,0	<0,002	<0,005	8	42,2	36,6	5,6
35	Cerknica	Franja	9.09.2015	3,08	9,0	59,4	<3,0	2,9	<0,002	<0,005	13	41,7	39,9	<2,0
36	Cerknica	Magajne	9.09.2015	2,94	8,7	55,6	4,0	4,1	<0,002	<0,005	11	42,2	40,0	2,2
37	Oplotnica	Oplotnica	10.09.2015	1,23	2,9	20,2	0,3	3,3	<0,002	<0,005	4	20,3	15,7	4,6
38	Oplotnica	Cezlak	10.09.2015	2,27	5,2	31,1	3,5	1,3	<0,002	0,005	5	29,1	24,6	4,5
39	Suhodolnica	Smrčun	10.09.2015	3,72	11,1	60,6	11,4	<1,0	<0,002	<0,005	10	51,4	48,3	3,1
40	Suhodolnica	Herman	10.09.2015	3,54	9,4	56,5	6,5	<1,0	0,002	0,006	3	52,5	48,2	4,3



Priloga . Relativna zastopanost fitobentoških alg (brez kremenastih alg), številke označujejo: 3 - pogosto, 2 - redko, 1 - posamično pojavljanje vrste.

ZS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vodotok	Mostnica	Mostnica	Kneža	Kneža	Cerknica	Cerknica	Oplotnica	Oplotnica	Suhodolnica	Suhodolnica
lega	spodaj Mostnica	zgoraj Mostnica	zgoraj Kneža	spodaj Kneža	zgoraj Cerknica	spodaj Cerknica	spodaj Oplotnica	zgoraj Oplotnica	spodaj Suhodolnica	zgoraj Suhodolnica
Datum	8.7.2015	8.7.2015	10.8.2015	10.8.2015	7.7.2015	7.7.2015	6.7.2015	6.7.2015	6.7.2015	6.7.2015
Vrsta	spodaj Mostnica	zgoraj Mostnica	zgoraj Kneža	spodaj Kneža	zgoraj Cerknica	spodaj Cerknica	spodaj Oplotnica	zgoraj Oplotnica	spodaj Suhodolnica	zgoraj Suhodolnica
	odsojne			odsojne			odsojne			
<i>Cladophora glomerata</i>	3	3	1	1	3				1	1
<i>Ulothrix zonata</i>	2	1	1	1						1
<i>Homoeothrix varians</i>	1	1			1					
<i>Ulothrix</i> sp.	1				1				1	1
<i>Plectonema puteale</i>	1	1								
<i>Cosmarium</i> sp.	1									
<i>Phormidium</i> sp.	3	3							1	
<i>Schizothrix</i> sp.	1									
<i>Pleurocapsa minor</i>	1		1	1						
<i>Chamaesiphon fuscus</i>	1	1								
<i>Hydrurus foetidus</i>	3	3								
<i>Oscillatoria</i> sp.	1									
<i>Chamaesiphon incrustans</i>	1								1	1
<i>Audouinella chalybea</i>		1							1	2
<i>Chamaesiphon polonicus</i>		3								
<i>Chamaesiphon</i> sp.					1					
<i>Closterium moniliferum</i>									1	
<i>Vaucheria</i> sp.										2



Priloga . Razpon vrednosti parametrov po posameznih setih podatkov. (v *.xlsx obliki)

Priloga . Pearsonov korelacijski koeficient (R) ter število podatkov (N) in statistična značilnost (P) za set podatkov vsa vzorčna mesta po posameznih bioloških elementih kakovosti. (v *.xlsx obliki)

Priloga . Pearsonov korelacijski koeficient (R) ter število podatkov (N) in statistična značilnost (P) za set podatkov odvzemi in dobra vzorčna mesta po posameznih bioloških elementih kakovosti. (v *.xlsx obliki)

Priloga . Pearsonov korelacijski koeficient (R) ter število podatkov (N) in statistična značilnost (P) za set podatkov dobra vzorčna mesta po posameznih bioloških elementih kakovosti. (v *.xlsx obliki)

Priloga . Spearmanov korelacijski koeficient (R) ter število podatkov (N) in statistična značilnost (P) za set podatkov vsa vzorčna mesta po posameznih bioloških elementih kakovosti. (v *.xlsx obliki)

Priloga . Spearmanov korelacijski koeficient (R) ter število podatkov (N) in statistična značilnost (P) za set podatkov odvzemi in dobra vzorčna mesta po posameznih bioloških elementih kakovosti. (v *.xlsx obliki)

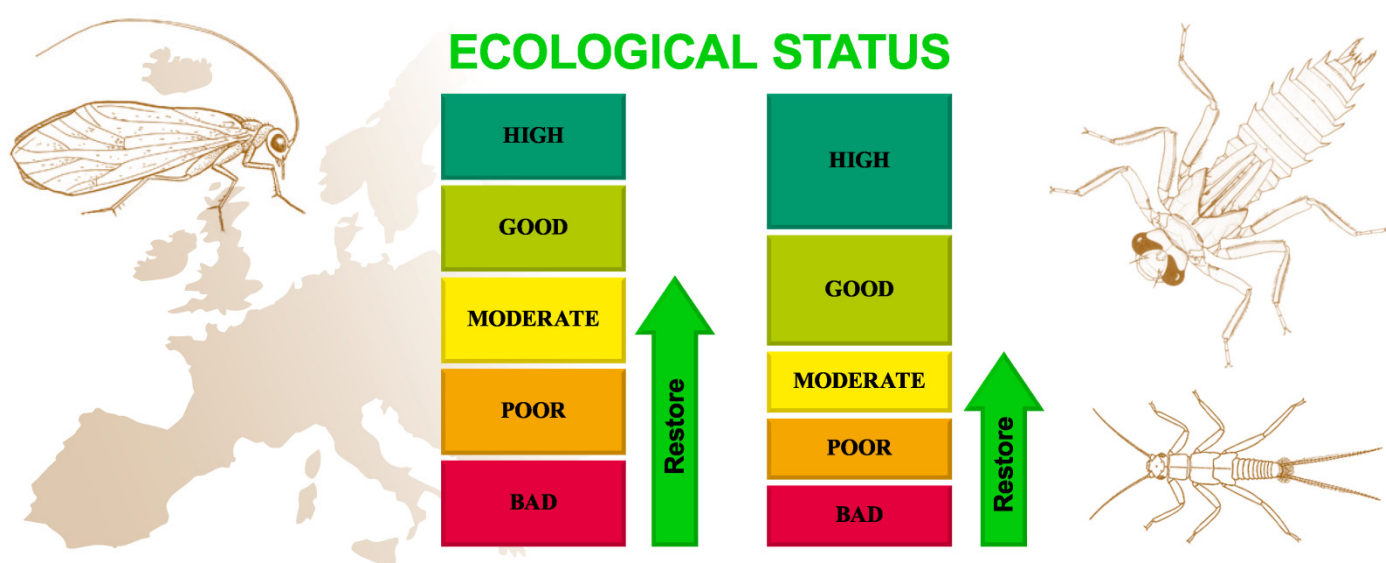
Priloga . Spearmanov korelacijski koeficient (R) ter število podatkov (N) in statistična značilnost (P) za set podatkov dobra vzorčna mesta po posameznih bioloških elementih kakovosti. (v *.xlsx obliki)

VEDA

Področje: 1.03 - Biologija

Dosežek 1: Bentoški nevretenčarji v vrednotenju stanja jezer: pregled metod, interkalibracija in praktični predlogi

Vir: POIKĀNE, Sandra, JOHNSON, Richard K., SANDIN, Leonard, SCHARTAU, Ann Kristin, SOLIMINI, Angelo G., URBANIČ, Gorazd, ARBAČIAUSKAS, Kęstutis, AROVIITA, Jukka, GABRIELS, Wim, MILER, Oliver, PUSCH, Martin T., TIMMK, Henn, BÖHMER, Jürgen. Benthic macroinvertebrates in lake ecological assessment: A review of methods, intercalibration and practical recommendations. *Science of the total environment*, ISSN 0048-9697, 2016, vol. 543, str. 123-134, doi: [10.1016/j.scitotenv.2015.11.021](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.021). [COBISS.SI-ID [7326049](https://coibiss.si/id/7326049)]



V objavi, ki smo jo pripravili raziskovalci z več evropskih držav, podajamo pregled metod vrednotenja ekološkega stanja jezer na podlagi bentoških nevretenčarjev v Evropi. Pregledali in primerjali (interkalibrirali) smo 13 metod vrednotenja ekološkega stanja. Metode vrednotenja naslavljajo vplive različnih obremenitev: zakisanost (3 metode), evtrofikacija (3 metode), spremembe morfoloških značilnosti (2 metodi) in kombinacija evtrofikacije in morfoloških sprememb (5 metod). Za proces interkalibracije so bile metode razdeljene v štiri skupine glede na vzorčen habitat in naslovljene obremenitve. Za primerjavo metod smo razvili tri indekse obremenitve in dva biološka multimetrijska indeksa. Prepoznali smo metode, ki so najprimernejše za vrednotenje ekološkega stanja glede na dominantno obremenitev. Na podlagi tega smo podali praktična navodila za razvoj in harmonizacijo metod vrednotenja.

Izsledki nakazujejo indikatorski pomen bentoških nevretenčarjev za vrednotenje ekološkega stanja jezer. Ovrednotena je ustreznost primerjanih biotskih metod za vrednotenje vpliva različnih skupin obremenitev, ter primerljivost rezultatov metod vrednotenja s katerimi ocenjujemo ekološko stanje in prepoznavamo vzroke obremenitev, kar je ključnega pomena za stroškovno-učinkovito naslavljanje obremenitev z ukrepi za izboljšanje stanja z vidika upravljanja voda.