

PREGLED MERITEV VSEBNOSTI SUSPENDIRANEGA MATERIALA V SLOVENIJI IN PRIMER ANALIZE PODATKOV

OVERVIEW OF SUSPENDED SEDIMENTS MEASUREMENTS IN SLOVENIA AND AN EXAMPLE OF DATA ANALYSIS

Nejc Bezak, univ. dipl. inž. grad.

nejc.bezak@fgg.uni-lj.si,

doc. dr. Mojca Šraj, univ. dipl. inž. grad.

mojca.sraj@fgg.uni-lj.si,

prof. dr. Matjaž Mikoš, univ. dipl. inž. grad.

matjaz.mikos@fgg.uni-lj.si

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo,

Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana

Znanstveni članek

UDK 519.2:556.3(497.4)

Povzetek | Kalnost oziroma naravna kalnost je pomemben hidrološki parameter, ki je neposredno povezan z erozijo, ekološkim stanjem vodnih teles in z izrednimi vremenskimi dogodki. Meritve vsebnosti suspendiranega materiala v rekah so se v Sloveniji začele relativno zgodaj, in sicer v letu 1955 pri hidrološki postaji Veliko Širje na reki Savinji. V članku smo opravili pregled meritev kalnosti, ki jih je v preteklosti opravljala Agencija RS za okolje. Podrobneje so opisane hidrološke postaje, kjer so se vsakodnevne meritve kalnosti opravljale vsaj tri leta. Na primeru hidrološke postaje Gornja Radgona na reki Muri je narejena osnovna statistična analiza razpoložljivih meritev kalnosti. Analizirali smo sezonsko spreminjanje pretokov in koncentracij suspendiranega materiala, naredili verjetnostno analizo in izračunali koeficiente korelacije med pretoki, transportom ter vsebnostjo suspendiranega materiala. Opravljene analize so podlaga za izboljšanje razumevanja zakonitosti premeščanja drobnih rečnih sedimentov.

Ključne besede: kalnost, rečni sedimenti, hidrologija, hidrometrija, verjetnostne analize, Slovenija

Summary | Natural turbidity in rivers is an important hydrological parameter, which is directly correlated with soil erosion, ecological river conditions and also with extreme weather situations. The measurements of suspended material in Slovenian rivers began in 1955 at the hydrological station Veliko Širje on the Savinja river. This paper summarizes turbidity measurements, which were carried out by the Slovenian Environment Agency. The detailed description of stations which have more than 3 years of continuous measurements is given. The statistical analysis of daily turbidity data for the hydrological station Gornja Radgona on the Mura river was made. We analysed seasonal characteristics of discharges and concentrations of suspended sediments, then the frequency analysis was made, and finally the correlation coefficients between discharges, transport and concentrations of suspended material was calculated. These analyses are a basis for improving the understanding of properties of suspended sediments transport processes.

Key words: turbidity, fluvial sediments, hydrology, hydrometry, probability analyses, Slovenia

1 • UVOD

Temeljite analize vsebnosti in premeščanja suspendiranih snovi nam lahko dajo vpogled v dinamiko in lastnosti naravnih procesov, ki določajo količine premeščenega materiala. Erozijski procesi povzročajo premeščanje plavin oziroma rečnih sedimentov. Izraz plavine označuje ves material, ki ga voda nosi od mesta nastanka do točke, kjer se material (vsaj začasno) odloži (Mikoš, 2002a). Kalnost in prodonosnost sta posledica premeščanja rečnih sedimentov oziroma plavin, prodonosnost pa zajema material, ki se premešča po dnu ali v bližini rečnega dna. Večinoma gre za material, za katerega so značilna zrna večjih premerov (pesek, prod, drugi erozijski kamninski drobir). Opazovanje premeščanja rinjenih plavin je precej težavno. Prodnike se lahko opremi z magneti in loči z barvo, vendar takšno opazovanje ne da najboljših rezultatov, saj je po visoki vodi težko najti označene prodnike. Prav tako ne dosežemo najboljših rezultatov z uporabo lovilnih košar ali hidrofonom, s katerimi lahko raziskujemo premikanje rinjenih plavin. Najzanesljivejša metoda opazovanja transporta rinjenih plavin je postavitve merske postaje, na kateri lahko odvezemamo vzorce iz vodotoka in tako po vsakem dogodku določimo masno bilanco premeščenega materiala. Poleg tega lahko prodonosnost ocenimo na podlagi materiala, ki se odlaga v akumulacijskih bazenih hidroelektrarn ali za hudourniški pregradami. Poleg rinjenih in lebdečih plavin vodotok premešča tudi raztopljene snovi in plavje, ki je lahko organskega ali anorganskega izvora, vendar ta del plavin v tem članku ni obravnavan. Glavni poudarek je na analizah lebdečih plavin, ki jih večinoma sestavljajo sedimenti velikosti gline in melja (Mikoš, 2012a), torej delci, manjši od 0,06 mm. Lebdeče plavine so le redko v stiku z rečnim dnom, večino časa zaradi turbulence lebdi v vodnem toku in imajo pogosto enako hitrost kot vodni tok (Rusjan,

2006). Ali je posamezni delec v lebdečem stanju, je odvisno od njegove gostote, velikosti in oblike. V (Mikoš, 2012a) so zapisane osnovne enačbe, s katerimi lahko ocenimo, ali je določen delec znane gostote, velikosti in oblike del lebdečih plavin, prav tako je avtor podal grafični prikaz vertikalnih porazdelitev koncentracij suspendiranih snovi v odvisnosti od velikosti delcev. Zaradi neenakomerne porazdelitve lebdečih plavin po prečnem prerezu je treba vzorčenje določiti tako, da bo izmerjeni (zajeti) vzorec kar najbolje ponazarjal dejanske razmere v času opazovanja. Razmerje med lebdečimi plavinami in celotno količino premeščenega materiala je odvisno od tipa vodotoka (hudournik, gorski vodotok ali bolj ravninski vodotok). Pri rekah, za katere so značilni manjši padci, je to razmerje med 70 in 95 % (pretežno se premeščajo lebdeče plavine), pri gorskih vodotokih pa so lahko razlike v posameznih dogodkih precejšnje (med 20 in 90 %) (Lenzi, 2000). Specifičnost posameznega dogodka definira zamik med konico pretoka in konico vsebnosti suspendiranega materiala. Večinoma do nastopa konice vsebnosti suspendiranega materiala pride časovno malo pred nastopom konice pretoka. Razmerje pa je odvisno tudi od velikosti prispevne površine in od lokacije potencialnih erozijskih žarišč. V primeru, da je prevladujoči proces v porečju erozija brežin ali struge, do nastopa konice vsebnosti suspendiranega materiala pride pred nastopom konice pretoka. Pri erozijskih žariščih, ki so precej oddaljena od struge vodotoka, pa je obratno in do nastopa konice pretoka pride pred nastopom konice koncentracije suspendiranih snovi. V (Mikoš, 2012b) je pregled metod, ki omogočajo meritve transporta suspendiranih sedimentov. Na podlagi različnih merilnih tehnik je v (Mikoš, 2012c) podan tudi predlog opazovanja kalnosti na spodnji Savi. Meritve kalnosti lahko v grobem razdelimo na

metode, pri katerih dejansko zajemo vzorec, in na metode, kjer vrednosti ocenimo na podlagi meritev odboja in sprejema zvoka ali ultrazvoka, poleg tega lahko uporabimo tudi metode, ki temeljijo na elektromagnetnem valovanju (Mikoš, 2012b). Erozijski procesi so glavni vir plavin, ki se premeščajo vzdolž slovenskih vodotokov. Različne oblike erozijskih dejavnikov, kot so tekoča voda, veter, sneg, težnost (plazovi, podori) in različne oblike preperevanja (fizikalno, biološko, kemično), so povzročitelji nastanka in premeščanja suspendiranega materiala (Pintar, 1983). Erozijski je večinoma rezultat naravnih procesov, vendar jo s svojimi dejanji lahko pospeši tudi človek. Površinsko erozijo lahko razdelimo na ploskovno, žlebično, medžlebično in jarkovno erozijo (Rusjan, 2006). Meritve erozije prsti v Sloveniji niso pogoste, eden redkih poskusov opazovanja izgube tal z uporabo erozijskih ploskev s površino 1 m² je bil na porečju Dragonje (Zorn, 2009). V Sloveniji se je za izračun potencialnega sproščanja in odplavljanja zemljin pogosto uporabljala Gavrilovičeva enačba (Gavrilović, 1970), v tujini pa se je pogosteje uporabljala metodologija USLE in njene izboljšave (MUSLE, RUSLE, USLE-M). V Sloveniji je bila Gavrilovičeva metoda uporabljena v porečju reke Koritnice (Mikoš, 2002b), metoda RUSLE pa na primer v povodju reke Dragonje (Pečkovšek, 2003). Z razvojem orodij GIS (Geografski informacijski sistem) je uporaba teh empiričnih modelov postala dokaj enostavna. Razviti pa so bili tudi številni drugi modeli, ki omogočajo modeliranje erozije tal, kot so WEPP, LISEM, EROSION-3D, EUROSEM.

Do sedaj opravljene analize meritev lebdečih plavin v slovenskih rekah so pokazale, da se večina suspendiranega materiala premesti ob velikih dogodkih ((Knific Porenta, 1998), (Ulaga, 2005)), kar je v skladu z ugotovitvami tujih raziskovalcev (Lenzi, 2000). V doslej opravljenih analizah so bili večinoma analizirani podatki z vodomernih postaj: Gornja Radgona na reki Muri, Miren na reki Vipavi in Veliko Širje na reki Savinji ((Knific Porenta, 1998), (Ulaga, 2005), (Ulaga, 2006)).

2 • PREGLED MERITEV KALNOSTI

Meritve vsebnosti suspendiranega materiala je do leta 2012 opravljala Agencija RS za okolje v okviru hidrološkega monitoringa. Podatki o vsebnosti in transportu suspendiranega materiala so na razpolago na spletni strani Agencije

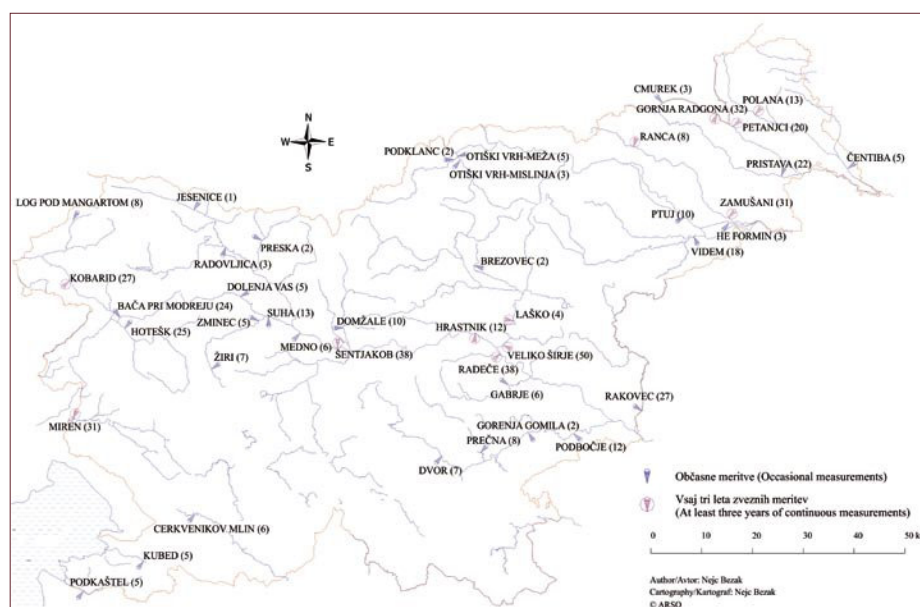
RS za okolje (ARSO, 2013). V (Mikoš, 2013c) so povzete zakonodajne podlage za izvajanje hidrološkega monitoringa, in sicer so to: Zakon o varstvu okolja (Ur. l. RS, 41/04), Zakon o vodah (Ur. l. RS, 67/02), Zakon o varstvu pred na-

ravnimi in drugimi nesrečami (Ur. l. RS, 64/94) ter Uredba o stanju površinskih voda (Ur. l. RS, 14/09). Zajem vzorcev se je večinoma opravljal enkrat dnevno, hkrati z odčitavanjem vodostaja z merske letve. Ob ekstremnih dogodkih pa so se vzorci odvezli tudi večkrat dnevno. V avgustu 2005 je Agencija RS za okolje pripravila obsežno akcijo zbiranja vzorcev, ob povišanih vodostajih je bilo odvzetih 130 vzorcev (Ulaga,

2006). Zajeti vzorec s prostornino enega litra je bil analiziran v laboratoriju Agencije RS za okolje po klasični filtracijski metodi. Ta je bila izbrana po priporočilih Svetovne meteorološke organizacije (WMO, 2003). Vzorec je bil odvzet v eni točki ene vertikalne merskega prečnega prereza. ARSO je v letu 2012 prekinil opravljanje meritev vsebnosti suspendiranih snovi v slovenskih vodotokih. V okviru projekta BOBER (Boljše opazovanje za boljše ekološke rešitve) je načrtovano nadaljevanje monitoringa koncentracij suspendiranih snovi, vendar natančno leto ponovnega začetka spremljanja te hidrološke spremenljivke še ni določeno. Meritve vsebnosti suspendiranega materiala so se v več kot 50 letih meritev opravljale na 44 hidroloških postajah (Ulaga, 2010). Lokacije postaj, kjer so se opravljale meritve kalnosti, so prikazane na sliki 1. Poleg imena postaje je zapisano tudi število let meritev. Gre za skupne vrednosti opazovanj, pri čemer so bile meritve na nekaterih postajah večkrat prekinjene. Večinoma so se vzorci odzimali ob povišanih vodostajih, na dvanajstih vodomernih postajah pa so na razpolago vsaj tri leta vsakodnevni zvezni nizi meritev. Za te postaje imamo skupno na razpolago več kot 300 let meritev, kar je več kot polovica podatkov. To so postaje Gornja Radgona (Mura), Petanjci (Mura), Polana (Ledava), Ranca (Pesnica), Zamušani (Pesnica), Šentjakob (Sava), Hrastnik (Sava), Radeče (Sava), Laško (Savinja), Veliko Širje (Savinja), Kobarid (Soča), Miren (Vipava). V obdobju vsakodnevnih opazovanj je manjkajočih meritev na teh postajah manj

kot 0,7 %. V več kot pol stoletja meritev se je mreža merskih postaj precej spreminjala. Pred prekinitvijo meritev leta 2012 so se občasna opazovanja izvajala na postajah Gornja Radgona (Mura), Hrastnik (Sava), Suha (Sora), Veliko Širje (Savinja), Kobarid (Soča), Hotešk (Idrija), Bača pri Modreju (Bača), Miren (Vipava), Cerkevnikov mlin (Reka), Kubed (Rižana) in Podkaštel (Dragonja). V okviru projekta BOBER je predvideno nadaljevanje meritev na istih vodomernih postajah. Za natančnejšo analizo vsebnosti suspendiranega materiala moramo razpolagati

z zveznimi večletnimi nizi meritev ali pa v skrajnem primeru z meritvami ob ekstremnih dogodkih ob predpostavki, da se zajeme vse nadpovprečne dogodke, saj se večina materiala skozi prečni profil postaje premesti v nekaj ekstremnih dogodkih. V primeru podatkov, s katerimi razpolaga Agencija RS za okolje, pa se občasne meritve vsebnosti niso vedno opravljale ob povišanih vodostajih, kar pomeni, da ne moremo oceniti na primer povprečnega letnega transporta skozi merski prečni profil vodotoka (niti opraviti nekaterih drugih analiz).



Slika 1 • Mreža merskih postaj za spremljanje vsebnosti suspendiranega materiala

3 • PREGLED POSTAJ Z DALJŠIMI ZVEZNIMI NIZI MERITEV

Za hidrološke postaje, kjer so se opravljale vsakodnevne meritve vsebnosti suspendiranega materiala, smo naredili nekoliko podrobnejši pregled in analizo meritev. Pregled obdobja in postaj je prikazan v preglednici 1. Zapisane so tudi povprečne vrednosti pretokov in vsebnosti suspendiranih snovi za obravnavana obdobja. Opazimo lahko, da so se vsakodnevne meritve kalnosti prenehale opravljati v letu 2005 in od takrat naprej so se do leta 2012 opravljale le občasne meritve. Iz preglednice 1 lahko vidimo,

da so za reko Ledavo značilne večje koncentracije suspendiranih snovi kot na primer za reko Muro, ki je precej bolj vodnata in ima tudi precej večjo prispevno površino. Na kalnost v reki Muri seveda vplivajo tudi avstrijske hidroelektrarne in njihove akumulacije. Poleg tega smo pri postajah Šentjakob, Radeče in Veliko Širje primerjali različna obdobja. Vidimo lahko, da se je povprečna vsebnost suspendiranega materiala zmanjševala, kar bi lahko povežemo z zmanjšanim vnosom antropogenih snovi, kot

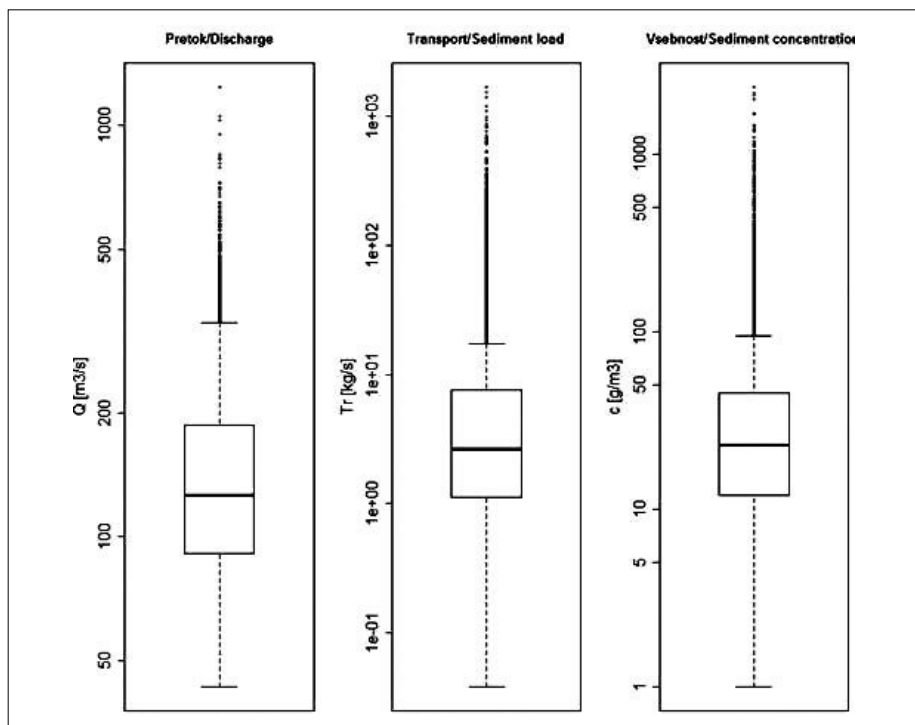
so premog, industrijski odpadki, in z izgradnjo čistilnih naprav za čiščenje industrijskih in komunalnih odpadnih voda (Mikoš, 2012a). Za reko Savinjo so značilne večje vsebnosti suspendiranega materiala kot za reko Savo v zgornjem toku, to je razvidno iz primerjav postaj Veliko Širje, Hrastnik in Radeče. Pri tem pa se je treba zavedati, da je bil dotok lebdečih plavin iz zgornjega toka Save v času meritev zaradi HE Moste, zgrajene leta 1952, prekinjen.

Postaja	Vodotok	Obravnavano obdobje	Prispevna površina (km ²)	Nadmorska višina postaje (m. n. m.)	Povprečni dnevni pretok (m ³ /s)	Povprečna dnevna koncentracija (g/m ³)
Gornja Radgona	Mura	1977–2005	10197	202	150,7	49,5
Petanjci	Mura	1956–1973	10391	194	171,7	111,0
Polana	Ledava	1963–1973	208	191	1,6	140,7
Ranca	Pesnica	1967–1973	84	250	1,1	55,1
Zamušani	Pesnica	1967–1973	478	202	5,8	47,6
Šentjakob	Sava	1955–1973; 1978–1993	2285	268	97,5; 84,3	23,9; 23,8
Hrastnik	Sava	1997–2006	5177	195	152,7	24,0
Radeče	Sava	1955–1973; 1975–1993	7084	184	232,3; 209,0	84,1; 69,5
Laško	Savinja	1990–1993	1664	215	38,7	25,1
Veliko Širje	Savinja	1955–1973; 1978–1989; 1994–2005	1842	190	45,6; 45,3; 39,9	54,5; 51,3; 46,8
Kobarid	Soča	1962–1973	437	195	35,1	19,3
Miren	Vipava	1985–2005	590	37	16,7	19,0

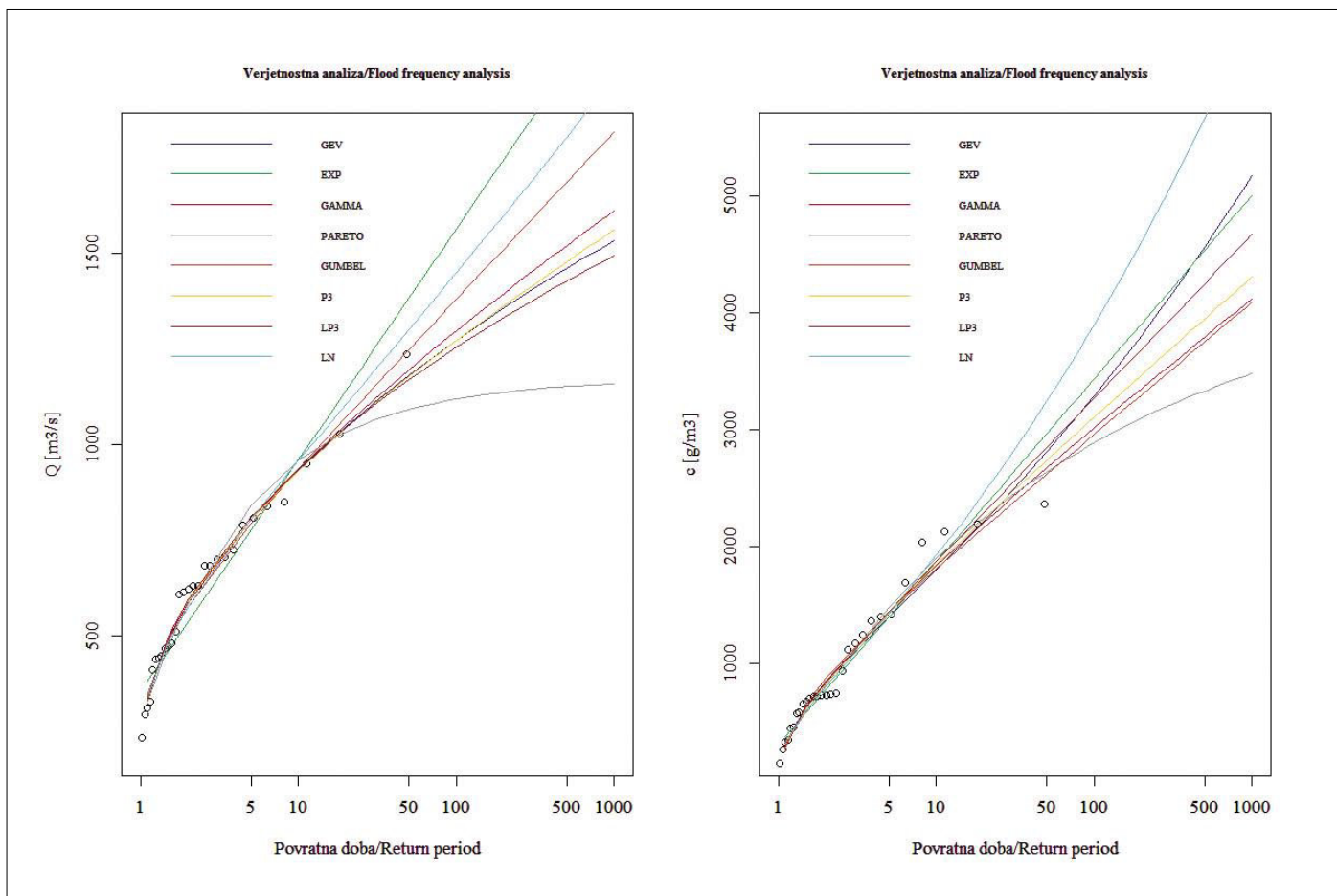
Preglednica 1 • Pregled postaj z daljšimi zveznimi nizi meritev

4 • PRIMER ANALIZE MERITEV ZA POSTAJO GORNJA RADGONA NA REKI MURI

Za hidrološko postajo Gornja Radgona na reki Muri bomo prikazali osnovni princip analize meritev vsebnosti suspendiranega materiala. Vsakodnevne meritve kalnosti so se opravljale v obdobju med letoma 1977 in 2005 (preglednica 1). Prispevna površina postaje znaša 10.197 km². Slika 2 prikazuje osnovne značilnosti serije pretokov, koncentracij in transporta suspendiranega materiala za postajo Gornja Radgona na reki Muri. Izračunali smo Kendalllove koeficiente korelacije za pare podatkov pretok–vsebnost, vsebnost–transport in pretok–transport, ki so bili enaki 0,41, 0,84 in 0,57. Najnižja vrednost Kendalllovega koeficienta korelacije 0,41 je bila izračunana za par pretok–vsebnost, kar pomeni, da je uporaba krivulj pretok–vsebnost (Q - c krivulje) za določanje vsebnosti suspendiranega materiala na podlagi meritev pretokov lahko neustrezna; nujno je pogostejše opravljanje meritev koncentracij suspendiranega materiala, predvsem v času intenzivnih hidroloških dogodkov (neurja, poplave), da bi z meritvami zajeli čim večji spekter hidroloških dogodkov in dvignili statistično povezanost. Pri krivuljah



Slika 2 • Osnovne lastnosti podatkov s hidrološke postaje Gornja Radgona na reki Muri



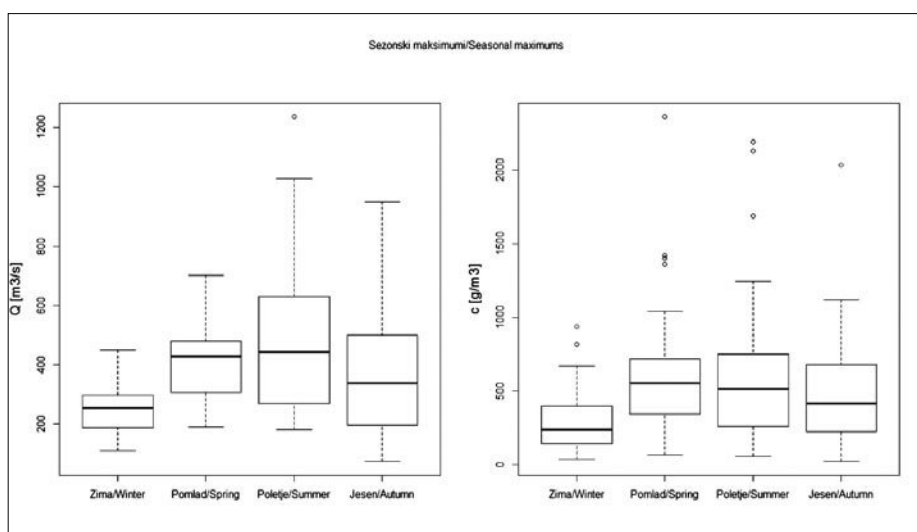
Slika 3 • Rezultati verjetnostnih analiz z različnimi porazdelitvami za vzorec letnih maksimumov pretokov in kalnosti

Q - c gre za podoben koncept kot pri pretočnih krivuljah Q - h (povezava med pretokom in vodostajem), vendar se je treba zavedati, da so lahko vsebnosti suspendiranega materiala pri določeni vrednosti pretokov precej različne, saj koncentracije suspendiranega materiala niso odvisne le od vrednosti pretokov, temveč tudi od številnih drugih dejavnikov (oddaljenost erozijskega žarišča, predhodni erozijski dogodki). Vrednosti transporta suspendiranega materiala so bile izračunane kot zmnožek koncentracij suspendiranega materiala in pretokov, zato so višje vrednosti Kendallovega koeficienta korelacije 0,57 za pare podatkov pretok–transport pričakovane, saj gre dejansko za pare podatkov pretok–(pretok x vsebnost); vzrok izboljšave korelacije pa je tudi v relativno visoki korelaciji v parih podatkov vsebnost–transport, kjer je Kendallov koeficient korelacije 0,84.

Tako za podatke o pretokih kot za podatke o koncentracijah suspendiranih snovi lahko naredimo verjetnostne analize. Za oblikovanje vzorca lahko uporabimo metodo letnih maksimumov ali metodo vrednosti nad izbranim

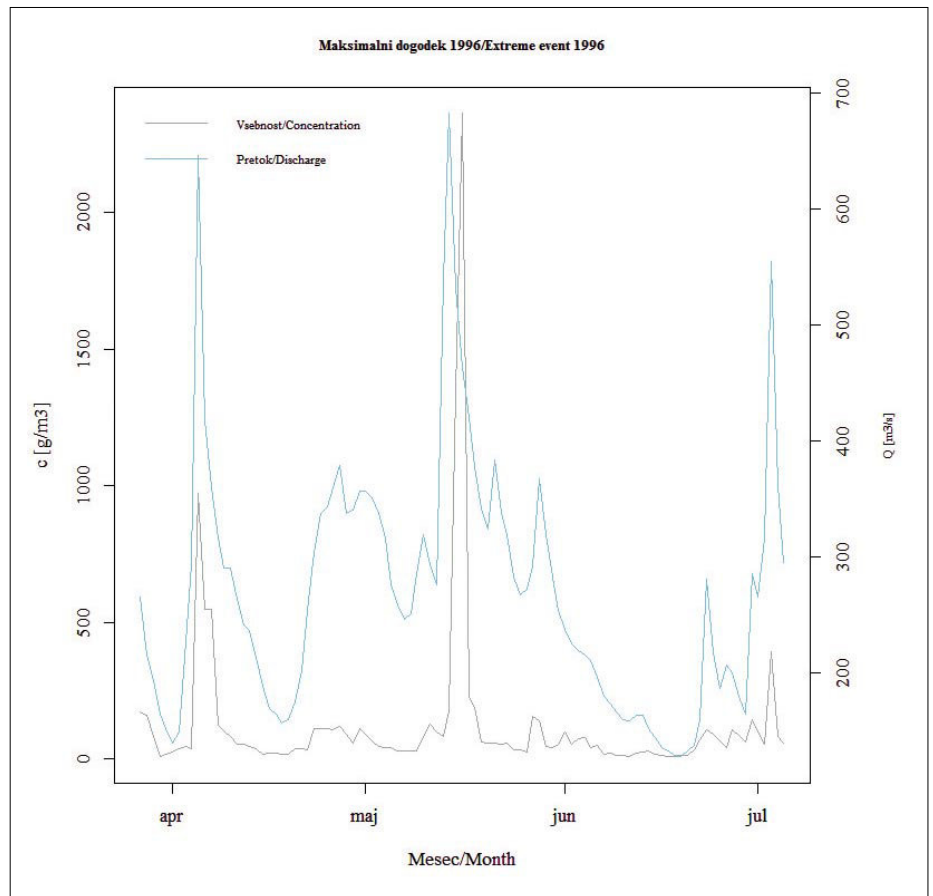
pragom (angleško *peaks over threshold*), kjer vzorec oblikujemo tako, da lahko ta vsebuje več kot povprečno en dogodek nad pragom na leto (Šraj, 2013). V primeru postaje Gornja Radgona smo se zaradi primerne dolžine

niza (29 let podatkov) odločili za uporabo metode letnih maksimumov. Pred izvedbo verjetnostnih analiz je priporočljivo preveriti, ali je vzorec homogen, ali je v vzorcu prisoten trend (pozitiven ali negativen) in ali lahko v



Slika 4 • Prikaz sezonskih maksimumov pretokov in koncentracij suspendiranih snovi

seriji pričakujemo izločence (angleško *outliers*). Za kontrolo homogenosti smo uporabili test SNHT (Sahin, 2010), testiranje stacionarnosti smo opravili z Mann-Kendallovim testom (Kendall, 1975), izločence pa smo iskali s pomočjo Grubbsovega testa (Grubbs, 1950). Parametre porazdelitev smo ocenili z metodo momentov L (Hosking, 2005). Uporabili smo vrsto porazdelitev: generalizirano porazdelitev ekstremnih vrednosti (GEV), eksponentno (EXP), gama, generalizirano Pareto, Gumbelovo oziroma porazdelitev ekstremnih vrednosti tipa I, Pearsonovo 3 (P3), logaritemsko Pearsonovo 3 (LP3) in logaritemsko normalno (LN). Ugotovili smo, da sta vzorca (pretoki in vsebnost suspendiranega materiala) z vodomerne postaje Gornja Radgona homogena (stopnja značilnosti 0,05), stacionarna (brez statistično značilnih trendov) in ne vsebujeta potencialnih izločencev. Rezultati verjetnostnih analiz z uporabo različnih porazdelitev so prikazani na sliki 3, kjer smo za prikaz podatkov uporabili Weibullovo formulo (empirično porazdelitev). Vidimo lahko, da se razlike med posameznimi porazdelitvenimi funkcijami z večanjem vrednosti povratne dobe povečujejo, kar pomeni, da so lahko ocenjene vrednosti pretokov in vsebnosti suspendiranega materiala z določeno povratno dobo (npr. 100 let) različne. V primeru, da bi potrebovali ocenjene vrednosti spremenljivk z določeno povratno dobo (rezultati verjetnostnih analiz), bi z uporabo statističnih in grafičnih testov izbrali najustreznejšo porazdelitev (Šraj, 2013). Preverili smo tudi, kakšno je bilo sezonsko obnašanje pretokov in vsebnosti suspendiranega materiala v opazovanem obdobju. Na sliki 4 so prikazani sezonski maksimumi pretokov in vsebnosti suspendiranega materiala. Za reko Muro je značilen alpski snežno-dežni pretočni režim, kjer se glavni višek pojavi v maju in juniju, torej ob koncu pomladi in začetku poletja (posledica taljenja snega



Slika 5 • Maksimalni dogodek v obravnavanem obdobju za postajo Gornja Radgona na reki Muri

v visokogorju). Opazimo lahko, da se tudi porazdelitev sezonskih maksimumov za obdobje med letoma 1977 in 2005 sklada z alpskim snežno-dežnim režimom, kot ga je za reko Muro določil Frantar (Frantar, 2005). To velja tako za pretoke kot za vsebnosti lebdečih plavin. Prav tako se z značilnostmi režima sklada izrazit primanjkljaj, ki nastopi v zimskem obdobju, večinoma januarja (slika 4). Slika 5 prikazuje ekstremni dogodek (vsebnost suspendiranega materiala) v obravna-

vanem obdobju. Dogodek se je zgodil maja 1996. Vidimo lahko, da je konica vsebnosti suspendiranega materiala (16,5; 2364 g/m³) nastopila nekoliko za konico pretoka (14,5), ki je znašala 682 m³/s. Kalnost ima glede na vrednosti pretokov precej izrazitejši skok, vendar so na sliki 5 prikazane le dnevne vrednosti vsebnosti suspendiranega materiala. Za natančnejše opazovanje zamika bi morali razpolagati na primer s podatki o času, ki pa jih seveda ni.

5 • SKLEPI

V prispevku je prikazan pregled meritev kalnosti na območju Slovenije, ki jih je v preteklosti opravljala Agencija RS za okolje. V več kot pol stoletja meritev se je merska mreža precej spreminjala, tako da imamo kljub relativno velikemu številu postaj (44 postaj) malo kvalitativnih podatkov, s katerimi razpolagamo (skupaj več kot 500 let meritev). Narejen je povzetek

nekaterih osnovnih lastnosti postaj (dvanajst postaj), kjer so se opravljale vsaj triletno vsakodnevne meritve (skupaj več kot 300 let meritev). Na primeru podatkov s hidrološke postaje Gornja Radgona na reki Muri pa smo prikazali postopek analize, ki ga je mogoče narediti, če želimo dobiti dodatna znanja o dinamiki in zakonitostih premeščanja vsebnosti

suspendiranega materiala. V primeru dopolnitve manjkajočih podatkov bi lahko podobne analize naredili na vseh postajah, kjer so se opravljale meritve kalnosti.

Za konec naj poudarimo potrebo po (zveznem) spremljanju vsebnosti suspendiranih snovi v slovenskih vodotokih, saj gre za parameter, ki je neposredno povezan z erozijo oziroma izgubo tal, izrednimi vremenskimi dogodki, povečane koncentracije suspendiranega materiala v rekah pa poslabšujejo ekološko stanje vodotokov.

6 • ZAHVALA

Zahvaljujemo se Agenciji RS za okolje za podatke o suspendiranih sedimentih in mag.

Florjani Ulaga za pojasnila o meritvah suspendiranih snovi. Raziskava je potekala v okviru

dela UL FGG pri mednarodnem raziskovalnem projektu SedAlp, ki ga financira Evropska unija v okviru programa Alpine Space.

7 • LITERATURA

- ARSO, Podatki, Hidrološki arhiv, Arhiv površinskih voda, dostopno na: http://vode.arso.gov.si/hidarhiv/pov_arhiv_tab.php, 2013.
- Frantar, P., Hrvatinić, M., Pretočni režimi v Sloveniji med letoma 1971 in 2000 = Discharge regimes in Slovenia from 1971 to 2000. *Geografski vestnik, letnik 77, št. 2*, 115–127, 2005.
- Gavrilović, S., Savremeni načini proračunavanja bujičnih nanosa i izrada karata erozije, Posvet Erozija, bujični tokovi i rečni nanos. Inštitut Jaroslav Černi, Beograd, 85–100, 1970.
- Grubbs, F. E., Sample Criteria for testing outlying observations, *The Annals of Mathematical Statistics, letnik 21, št. 1*, 27–59, 1950.
- Hosking, J. R. M., Wallis, J. R., *Regional frequency analysis: an approach based on L moments*, Cambridge University Press, Cambridge, 2005.
- Kendall, M. G., *Multivariate analysis*, Griffin, London, 1975.
- Knific Porenta, J., Monitoring suspendiranega materiala na slovenskih vodotokih, Mišičev vodarski dan, 1998, 16–22, 1998, povzeto po: <http://mvd20.com/LETO1998/R4.pdf>.
- Lenzi, M. A., Marchi, L., Suspended sediment load during floods in a small stream of the Dolomites (northeastern Italy), *Catena, letnik 39, št. 4*, 267–282, 2000.
- Mikoš, M., Kalnost v rekah kot del erozijsko-sedimentacijskega kroga, *Gradbeni vestnik, letnik 61, št. 6*, 129–136, 2012a.
- Mikoš, M., Metode terenskih meritev suspendiranih sedimentov, *Gradbeni vestnik, letnik 61, št. 7*, 151–158, 2012b.
- Mikoš, M., Predlog obratovalnega hidrološkega monitoringa kalnosti na spodnji Savi, *Gradbeni vestnik, letnik 61, št. 8*, 170–176, 2012c.
- Mikoš, M., Kranjc, A., Matičič, B., Müller, J., Rakovec, J., Roš, M., Brilly, M., Hidrološko izražje, *Acta hydrotehnica, letnik 20, št. 32*, 3–324, povzeto po: ftp://ksh.fgg.uni-lj.si/acta/a32_1.pdf, 2002a.
- Mikoš, M., Petkovšek, G., Šraj, M., Brilly, M., Analiza erozije tal v porečju Koritnice, Ujma, *letnik 16*, 319–325, povzeto po: <http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/2002/u09.pdf>, 2002b.
- Petkovšek, G., Globevnik, L., Mikoš, M., Površinska erozija na eksperimentalnem povodju reke Dragonje – trendi v zadnjih 40 letih, *Gradbeni vestnik, letnik 52, št. 11*, 276–281, 2003.
- Pintar J., Mikoš M., Izdelava smernic in normativov z globalno usmeritvijo urejanja po ekosistemih, pojavnostih in ekološki primernosti ter načinov gospodarjenja s površni vodo. Poročilo, VGI C – 432, Ljubljana, 133 str., 1983.
- Rusjan, S., Mikoš, M., Dinamika premeščanja lebdečih plavin v porečjih, *Acta hydrotehnica, letnik 24, št. 40*, povzeto po: <ftp://ksh.fgg.uni-lj.si/acta/a40sr.pdf>, 1–20, 2006.
- Sahin, S., Cigizoglu, K., Homogeneity analysis of Turkish meteorological data set, *Hydrological Processes, letnik 24, št. 8*, 981–992, 2010.
- Šraj, M., Bezak, N., Brilly, M., Vpliv izbire metode na rezultate verjetnostnih analiz konic, volumnov in trajanj visokovodnih valov Save v Litiji, *Acta hydrotehnica, letnik 25, št. 43*, v tisku, 2012.
- Ulaga, F., Monitoring suspendiranega materiala v slovenskih rekah, *Acta hydrotehnica, letnik 23, št. 39*, 117–127, povzeto po: <ftp://ksh.fgg.uni-lj.si/acta/a39fu.pdf>, 2005.
- Ulaga, F., Transport suspendiranega materiala v slovenskih rekah, Ujma, *letnik 20*, 144–150, povzeto po: <http://www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/2006/ulaga.pdf>, 2006.
- Ulaga, F., Vsebnost in premeščanje suspendiranega materiala v rekah, *Hidrološki letopis Slovenije 2008, II. del: Pregled hidroloških razmer v letu 2008*, Agencija RS za okolje, Ljubljana, *letnik 19*, 56–60, 2010.
- WMO, World Meteorological Organization, *Manual on sediment management and measurement, Report No.47, WMO-No. 948*, Geneva, Switzerland, 2003.
- Zorn, M., Erozijski procesi v slovenski Istri, I. del: erozija prsti, *Acta geographica Slovenica, letnik 49, št. 1*, 39–87, povzeto po: <http://giam.zrc-sazu.si/sites/default/files/ags49102.pdf>, 2009.