

Merilni nadzor lebdečih plavin v reki Dravi

Monitoring of suspended load in the Drava river

Bojana Dolinar

Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, Smetanova ul. 17, 2000 Maribor, Slovenija

Vodilni avtor. E-mail: bojana.dolinar@um.si

Izvleček

V prispevku so prikazani rezultati merilnega nadzora lebdečih plavin v reki Dravi, ki ga je izvajala Fakulteta za gradbeništvo Univerze v Mariboru v okviru različnih projektov med letoma 2005 in 2013. Lebdeče plavine v vodotokih so delci, ki zaradi turbulence lebdiijo v vodi. Pri zmanjšani hitrosti vode se del teh delcev posede na dno struge oziroma, v primeru reke Drave, akumulacijskih jezer pred hidroelektrarnami, kar je velika težava. Za napovedovanje količine teh usedlin, njihovo odstranjevanje in nadaljnjo uporabo je treba poznati koncentracije lebdečih delcev v vodi, njihovo zrnnavost-no sestavo in vrsto. V prispevku so prikazani rezultati meritev navedenih parametrov na območju reke Drave med Labodom in Mariborom.

Ključne besede: rečni sedimenti, lebdeče plavine, vsebnost suspendiranih snovi, zrnnavost, mikro-organizmi

Abstract

This paper presents the results of suspended load monitoring in the Drava River performed by the Faculty of Civil Engineering, University of Maribor. Monitoring was held in the framework of various projects between 2005 and 2013. Suspended load in streams represent particles which floating in the water due to turbulence. In the case of a lower velocity of the water a part of these particles can settle to the bottom of the stream bed or reservoirs prior to hydropower plants. In case of the Drava River this represents a big problem. For forecasting the quantities of these sediments, their removal and subsequent use, it is necessary to know the quantities of suspended particles in the water, their grain size distribution and type. This paper presents the results of measurements of the mentioned parameters in the Drava River between Labod and Maribor.

Key words: fluvial sediments, suspended load, content of suspended solids, grain size distribution, micro-organisms

Uvod

Lebdeče plavine v vodotokih so delci, ki zaradi turbulence lebdiijo v vodi, njihova hitrost premeščanja pa je večinoma enaka hitrosti vodnega toka. Pri manjših hitrosti vode se del suspendiranih delcev posede na dno^[1]. Lebdeče plavine sestavljajo pretežno anorganski delci preperine velikosti melja in gline, ki jo reke in njihovi pritoki zaradi erozijskega delovanja odnašajo in premeščajo, ter organske snovi, kot so organski drobir, fitoplankton, zooplankton, bakterije in glive ter snovi, ki jih vnaša človek s svojim delovanjem. Poleg tega se v vodah nahajajo tudi neusedljive snovi, kot so raztopljene, koloidne in plavajoče snovi.

Koncentracije lebdečih anorganskih delcev se v vodah neprestano spreminjajo predvsem v odvisnosti od razpoložljivosti erodiranih materialov, količine padavin in pretokov vode. Delež organskih snovi je odvisen predvsem od fizikalno-kemičnih lastnosti vode. Spremljanje količin, vrst in velikosti lebdečih delcev je ključnega pomena za ugotavljanje korelacij med pretoki oziroma hitrostjo vode in količinami lebdečega materiala, za modeliranje gibanja teh snovi v strugah vodotokov ter določitev mehanizmov njihovega usedanja in dviganja.

Čeprav obstajajo številne metode, ki omogočajo neposredno ali posredno merjenje koncentracij lebdečih plavin, pa ostaja to še vedno zelo kompleksen problem. Razlog je, da se koncentracije hitro spreminjajo tako v prečnih prerezi kot globinah vodotokov, kar pomeni, da je treba za optimalen zajem podatkov uporabiti metode, ki v primernih časovnih intervalih merijo te parametre v ustreznih rastrih preko prečnih prerezov strug.

Pri neposrednih (direktnih) metodah določevanja koncentracij suspendiranih delcev se odvzemajo vzorci vode, ki se kasneje analizirajo v laboratoriju. Odvzem vzorcev je lahko ročen, pri čemer se steklena merilna posoda potopi v vodo, ali samodejni, kjer se posoda med poplavnim valom napolni sama. Lahko se vzorčuje tudi avtomatsko s črpanjem vode. V vseh teh primerih obstaja velika nevarnost, da zajemi vzorcev niso izokinetični. Da bi se izognili temu, se priporoča uporaba hidrodinamično oblikovanih vzorčevalnikov z nastavki ustreznih oblik. Direktne metode so preverjene

in omogočajo določitev tako koncentracij kot zrnivosti in sestave lebdečih delcev, prav tako pa tudi drugih kemičnih in bioloških parametrov vode. Mnogokrat se te metode uporabljajo za umerjanje in kontrolo rezultatov preiskav, pridobljenih s posrednimi metodami. Največja pomanjkljivost neposrednih metod je, da rezultati zaradi potrebnih laboratorijskih analiz niso znani takoj, obstaja pa tudi velika možnost neizokinetičnega vzorčevanja^[2].

Pri posrednih metodah se koncentracije in zrnavostna sestava suspendiranih delcev določajo posredno z uporabo merilnikov, ki oddajajo in sprejemajo mehansko valovanje (zvok, ultrazvok) ali elektromagnetno valovanje (infrardeča svetloba, vidna svetloba, laserska svetloba, rentgenski žarki, gama žarki). Ker ima vsaka od teh metod tako prednosti kot slabosti glede zahtevnosti uporabe in porabe časa ter natančnosti rezultatov, je za optimalen zajem terenskih podatkov priporočljivo metode kombinirati^[2].

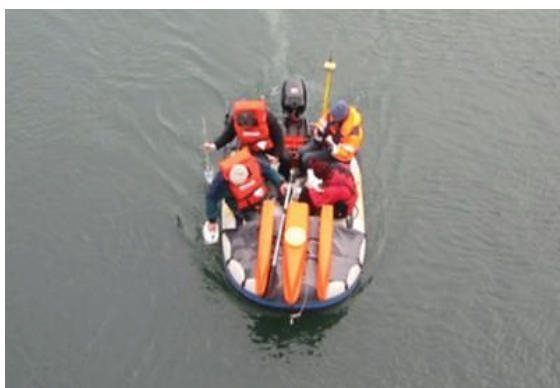
Merilni nadzor lebdečih plavin se že vrsto let izvaja zvezno ali občasno v številnih slovenskih vodotokih tako od Agencije Republike Slovenije za okolje kot v okviru različnih projektov in študij. Med slednjimi so v prispevku omenjene tiste, pri katerih smo sodelovali člani Fakultete za gradbeništvo Univerze v Mariboru in se nanašajo na podatke reke Drave med Labodom in Mariborom. Prikazani rezultati raziskav lebdečih plavin so bili pridobljeni med letoma 2005 in 2013 v okviru projektov Dra-Mur-Ci, Cross-borde Initiative for the River Drava and Mura, WP 3.1: Monitoring of suspended load and bedload^[3], Knet WRM - Area 4, Project 4.3: Wasser im Kraftwerks- und Tunnelbau., Optimierung der Kraftwerksnutzung im Hochgebirge (2009)^[4], Knet water -WP 4.4.2, Ned note 4: Water Storage Business and Environmental Impact of Kozjak Reservoir^[5] in študij Model obvladovanja sedimentov v akumulacijah HE na reki Dravi za ravnanje s sedimenti v akumulaciji ČHE Kozjak^[6] ter Sedimenti v akumulaciji ČHE Kozjak^[7]. V okviru omenjenih projektov in študij so bili merjeni pretoki reke Drave na mestih vzorčevanj, določene so bile koncentracije lebdečih in usedljivih delcev, njihova zrnavost ter mineralna in kemična sestava, istočasno pa tudi fizikalni in mikrobiološki parametri vode.

Terenske raziskave

Raziskave lebdečih plavin v reki Dravi so potekale ob hidroelektrarnah Dravograd in Mariborski otok na mestih optičnih merilnikov motnosti vode, v profilu preko Drave ob Šturmovem grabnu (6 merilnih točk) ter ob Studenškem mostu v Mariboru na sredini reke. Za potrebe kontrole rezultatov raziskav so bili vzorci odvzeti tudi v avstrijskem Labodu na lokaciji, kjer že vrsto let poteka merilni nadzor koncentracij lebdečih plavin.

Vzorčevanje je potekalo z odvzemom vode v steklenice. Istočasno je bila izmerjena temperatura zraka in vode, pH vode ter zabeležena barva in vonj vode, vidne nečistoče (plavje), mineralna olja in površinsko aktivne snovi ter opisano biološko stanje reke, kot na primer obarvanost litorala s potopljenimi makrofiti. Vzorci vode so bili odvzeti na različnih globinah, in sicer v območju HE Dravograd in Mariborski otok na globinah 4 m oziroma 5 m, v Šturmovem grabnu na površini ter v globinah 1 m, 2 m in 4 m, ob Studenškem mostu pa v globini 1 m. Z opisanih lokacij je bilo skupno odvzetih 140 vzorcev vode.

Podatke o pretokih reke Drave na lokacijah hidroelektrarn Dravograd in Mariborski otok ter ob Studenškem mostu v Mariboru so posredovale Dravske elektrarne Maribor. V profilu reke ob Šturmovem grabnu so bili pretoki merjeni z akustičnim Dopplerjevim merilnikom pretokov vrste RioGrande ZedHed 1 200 kHz (slika 1, povzeto po^[8]), ki omogoča merjenje pretokov v globinah od 0,4 m do 15 m in hitrosti toka vode do 10 m/s. Merilnik meri hitrost vode posredno, preko v vodi lebdečih delcev ali



Slika 1: Čoln z mersko opremo in osebjem med pripravi na meritve^[8]

zračnih mehurčkov, pri čemer izkorišča princip Dopplerjevega pojava, torej spremembo med oddano in prejeto frekvenco. Predpostavi se, da je hitrost toka vode enaka hitrosti gibanja suspendiranih delcev. Hkrati se izmeri tudi globina struge kot čas potovanja signala do dna struge in nazaj. Pri vseh meritvah se uporablja frekvenčno območje med 500 kHz in 2 000 kHz. Meritve globin struge in hitrosti vode se izvajajo sočasno, tj. z enim samim prečkanjem struge. Z uporabo pripadajoče programske opreme WinRiver in povezave med merilnikom in prenosnim računalnikom se lahko vse prenesene podatke o izmerjenih vrednostih preverja sproti in v realnem času. Z uporabo naprave GPS so bili profil in mesta vzorčevanja natančno umeščeni v prostor, kar je omogočalo, da so se vzorci vedno odvezali na istih mestih.

Laboratorijske preiskave

V laboratoriju je bila pri vseh odvzetih vzorcih vode preiskana koncentracija lebdečih in usedljivih snovi, pri reprezentativnih vzorcih pa tudi njihova kemična in mineralna sestava ter zrnastost. Mikrobiološki parametri vode so bili določeni pri vzorcih z lokacij HE Dravograd in HE Mariborski otok.

Vsebnost suspendiranih snovi

Vsebnost suspendiranih snovi v vodi je bila določena na dva načina, in sicer v skladu s slovenskim standardom SIST EN 872:2005^[9] in s postopkom gravitacije.

Pri prvi metodi se trdi delci v suspenziji izločijo s filtriranjem skozi filtre iz steklenih vlaken. Lahko se uporabi celoten odvzet vzorec (1 l) ali njegov del, kar je odvisno od količine suspendiranih snovi. Rezultati, označeni s simbolom ρ , so podani v miligramih trdnih delcev v litru vode.

Določanje količine snovi, ki se zaradi gravitacije posede v mirujoči vodi, je potekalo pri vzorcih, ki so vsebovali od 10 l do 20 l vode. Tako velika količina vode je omogočila pridobitev bolj točnih vrednosti, istočasno pa zagotovila dovolj materiala za nadaljnje preiskave zrnastosti ter kemične in mineralne sestave. Po odvzemu so vzorci vode mirovali najmanj 5 dni. V tem času so se na dno posode posedli vsi delci večji od

0,000 8 mm, ki so bili nato izloženi s skrbnim odlivanjem in v končni fazi izparevanja vode. Tako določena količina usedlin je v tekstu označena kot c_{sed} v mg/l. Čas, potreben za posedanje delcev, je bil izbran glede na izračunane hitrosti v (m/s) tonjenja le-teh s Stokesovo enačbo (1), kjer sta y_s in y_{WT} prostorninski teži zrn in vode, D (m) je premer kroglastih zrn in η_T viskoznost vode pri izbrani temperaturi.

$$v = \frac{y_s - y_{\text{WT}}}{18 \times \eta_T} \times D^2 \quad (\text{m/s}) \quad (1)$$

V izračunu je bila upoštevana povprečna prostorninska teža zrn $y_s = 27 \text{ kN/m}^3$ (glede na gostoto in zastopanost posameznih mineralov v sestavi), prostorninska teža vode pri temperaturi 20°C $y_{\text{WT}} = 9,98 \text{ kN/m}^3$ in dinamična viskoznost vode pri enaki temperaturi $\eta_{20} = 1,005 \times 10^{-3} \text{ Pa s}$. Izračuni so pokazali, da se v petih dneh v posodi z višino 0,3 m posedejo vsa zrna $\geq 0,000 8 \text{ mm}$. Treba pa je poudariti, da se v praksi zrna $< 0,001 \text{ mm}$ zelo težko posedejo, razen v primeru, ko nastane kosmičenje^[2]. Čeprav opisana preiskava ni standardizirana, se je izvajala za ugotavljanje vsebnosti tistih lebdečih plavin, ki se lahko v mirujoči vodi posedejo. Ta podatek je bil pridobljen za potrebe ocene količine usedlin v akumulacijskem jezeru predvidene črpalne hidroelektrarne Kozjak z vtočnim objektom v območju Šturmovega grabna.

Mineralna in kemična sestava usedljivih snovi

Mineralna sestava usedljivih delcev je bila preiskana na Geološkem zavodu Slovenije z rentgenskim difraktometrom z žarkovjem CuK α ($\lambda = 0,154 18 \text{ nm}$) pri napetosti 40 kV in toku 20 mA ob uporabi nikljevega filtra, proporcionalnega števca in grafitnega monokromatorja. Za pregledno določitev mineralne sestave so bili uporabljeni celotni uprašeni vzorci. Preiskave so potekale na izbranih vzorcih s posameznih lokacij. Za pregled delcev velikosti večji od $20 \mu\text{m}$ je bil uporabljen optični mikroskop, za submikroskopske delce pa vrstični elektronski mikroskop z energijsko disperzijskim spektrom.

Kemične analize vzorcev so bile izdelane v referenčnem laboratoriju ACME Analytical Laboratories v Vancouvru. Za kvalitativno in kvantitativno določitev glavnih elementov je bila uporabljena metoda ICP-ES, za določitev slednih elementov pa metoda ICP-MS. Rezultati preiskav kemične sestave izbranih vzorcev suspendiranih snovi obsegajo okside najbolj zastopanih elementov, na osnovi katerih so bile določene količine posameznih mineralov v vzorcih.

Zrnavost usedljivih snovi

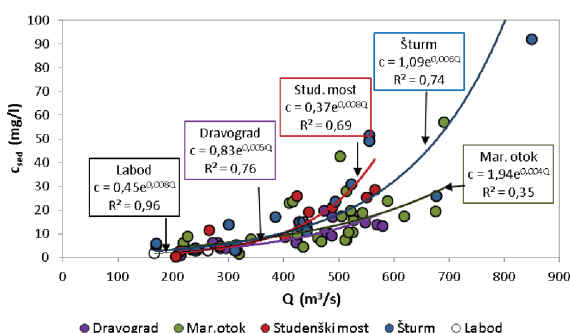
Razporeditev velikosti usedljivih delcev je bila določena na Geološkem zavodu Slovenije z laserskim analizatorjem Analysette 22 /Nano Tec proizvajalca FRITSCH GmbH - Manufacturers of Laboratory Instruments. Analitični inštrument za ugotavljanje zrnivosti temelji na laserski difrakciji. Preiskovani delci se z uporabo disperzijskega sredstva transportirajo skozi merilno celico in laserski žarek. Svetloba, ki se razprši proporcionalno z velikostjo delcev, se z lečami projicira v detektor. Razporeditev velikosti zrn se izračuna na osnovi razporeditve razpršene svetlobe.

Mikrobiološki parametri vode

Mikrobiološke preiskave so potekale pri vseh vzorcih vode, odvzetih na lokacijah HE Dravograd in HE Mariborski otok. Izvedel jih je Inštitut za uporabno ekologijo Maribor, obsegale pa so določitev fitoplanktona, zooplanktona, bakterij, gliv in organskega drobirja. Za določevanje fitoplanktona, zooplanktona in organskega drobirja sta bila uporabljena binokularna mikroskopa CETI in Leica. Pri mikroskopiranju je bil 1 ml vzorca vode opazovan pri 100-, 400- in 1 000-kratni povečavi. Za štetje je bila uporabljena abundančna komora proizvajalca Paul Marienfeld GmbH & Co KG. Določevanje alg in modro zelenih cepljivk je potekalo tudi z biodetektorjem ALGAE-BART™. Za določanje skupnega števila bakterij so bila uporabljena različna gojišča: potopne ploščice VWR Prolabo Total Count in tekstilne podlage RIDA®COUNT Total, za določanje skupnega števila gliv pa potopne ploščice VWR Prolabo Yeast/Mold in tekstilne podloge RIDA®COUNT Yeast/ Mold.

Rezultati preiskav

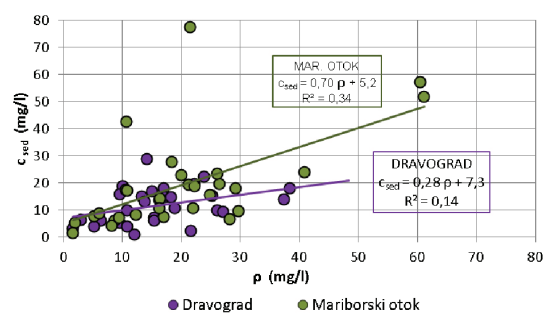
Rezultati preiskav kažejo, da so koncentracije suspendiranih snovi v preiskanem odseku reke Drave pri povprečnem letnem pretoku reke $Q = 297 \text{ m}^3/\text{s}$ pretežno manjše od 10 mg/l . Pri povečanem pretoku ta količina eksponentno narašča, kar je razvidno s slike 2. Na sliki so prikazane vrednosti koncentracij usedljivih snovi $c_{\text{sed}}/(\text{mg/l})$ v odvisnosti od pretoka reke $Q/(\text{m}^3/\text{s})$ za posamezne lokacije vzorčevanj vode. Prikazane soodvisnosti se lahko izrazi z naslednjimi eksponentnimi funkcijami (1–6).



Slika 2: Koncentracije usedljivih snovi v odvisnosti od pretoka reke Drave na mestih vzorčevanj vode

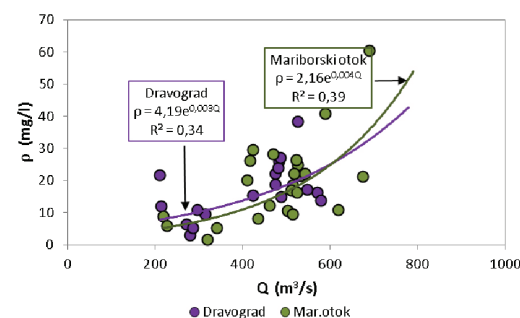
Labod	$c_{\text{sed}} = 0,45 e^{0,008 Q}$	(1)
HE Dravograd	$c_{\text{sed}} = 0,83 e^{0,005 Q}$	(2)
Šturm	$c_{\text{sed}} = 1,09 e^{0,006 Q}$	(3)
HE Mariborski otok	$c_{\text{sed}} = 1,94 e^{0,004 Q}$	(4)
Studenški most	$c_{\text{sed}} = 0,37 e^{0,008 Q}$	(5)
Vsi podatki Labod - Maribor	$c_{\text{sed}} = 1,0 e^{0,006 Q} \quad R^2 = 0,64$	(6)

Vsebnosti suspendiranih delcev, določenih po metodi s filtracijo, bi morale biti primerljive s tistimi, določenimi z gravitacijsko metodo, vendar rezultati preiskav tega ne potrjujejo (slika 3 – vzorci z lokacij HE Dravograd in HE Mariborski otok). Razlogov za to je lahko več. Kot najverjetnejši se zdi, da se pri metodi s filtracijo vsebnost suspendiranih snovi določa v majhni količini vode (1 l ali manj). Če v tem primeru vzorec ni odvzet izokinetično, se lahko pojavijo večji odmiki. Prav tako je problematično, kadar se ta preiskava opravi na delu odvzeta vzorca, saj je v tem primeru zaradi hitrega posedanja večjih delcev zelo težko pridobiti reprezentativen vzorec.



Slika 3: Razmerje med vrednostmi koncentracij suspendiranih delcev, določenih po metodi s filtracijo (ρ) in gravitacijski metodi (c_{sed}) za merilni mesti HE Dravograd in HE Mariborski otok

Slika 4 prikazuje soodvisnosti med pretoki reke Drave (Q) in koncentracijami suspendiranih snovi (ρ), določenimi s filtracijsko metodo na merilnih mestih HE Dravograd in HE Mariborski otok. Izraženi sta z eksponentnima funkcijama (7 in 8).



Slika 4: Koncentracije suspendiranih snovi v odvisnosti od pretoka reke Drave na lokacijah HE Dravograd in HE Mariborski otok

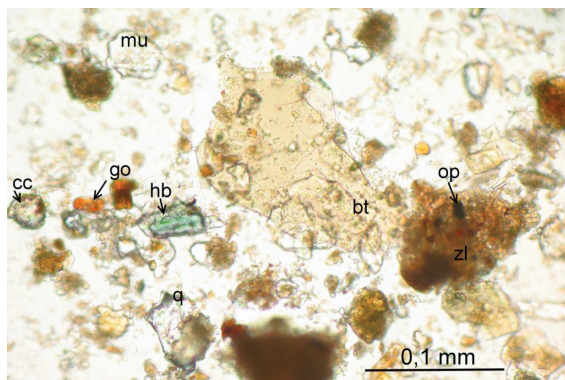
HE Dravograd	$\rho = 4,19 e^{0,003 Q}$	(7)
HE Mariborski otok	$\rho = 2,16 e^{0,004 Q}$	(8)

Iz prikazanih soodvisnosti med pretoki reke Drave in merjenimi koncentracijami suspendiranih delcev po filtracijski ali gravitacijski metodi je razvidno, da vsebnost slednjih s pretokom sicer narašča, vendar ta razmerja niso jasno izražena. To je mogoče razložiti z dejstvom, da je pri enaki količini padavin pretok reke sicer enak, količina erodiranih delcev pa v začetku padavin precej večja kot kasneje, ko so površine ob vodotokih že izprane. Podani izrazi (1–8) se zato lahko uporabijo le za približno oceno koncentracij lebečih plavin v vodi.

Mineralna in kemična sestava usedljivih snovi je bila določena na združenem vzorcu z območja Šturmovega grabna. Rezultati rentgenske analize so pokazali, da v vzorcu prevladuje muskovit/illit (41 %), pojavljajo pa se še klorit (14 %), kremen (15 %), plagioklaz (8 %), kalcit (9 %) in dolomit (13 %). Optično mikroskopska preiskava, s katero so bili pregledani predvsem delci > 20 µm je pokazala, da prevladujejo zrna muskovita, biotita, kremena in glincev. Med neprosojnimi minerali je bilo mogoče prepoznati limonit (goethit) in sledove hematita. Redkeje so se pojavljali karbonati in klorit. V zelo majhnih količinah je bilo opaziti zrna klinozoisita, v sledovih pa so bili še turmalin, stavrolit, cirkon in rutil ter ostanki organskega detritusa (slika 5).

Slika 6 prikazuje del posnetkov usedljivega materiala, preiskanega z vrstičnim elektronskim mikroskopom. S sekundarnimi elektroni (SE), ki dajejo sliko površine vzorca, in povratno sipanimi elektroni (BSE), ki dajejo sliko relativne kemijske sestave vzorca, so bile določene naslednje mineralne faze: illit, muskovit, klorit, kloritiziran biotit in kalcit.

Preiskave zrnivosti usedljivih snovi so pokazale, da pri vzorcih z vseh odjemnih mest prevladujejo zrna velikosti melja, glinaste frakcije (zrna < 2 µm) je med 5 % in 21 %, medtem ko je zrn večjih od 63 µm od 0,3 % do 14,6 %. Iz rezultatov je razvidno, da so razporeditve velikosti delcev sicer odvisne od pretokov reke, vendar splošno veljavnega razmerja med tema spremenljivkama ni mogoče opredeliti. Primer prikazuje slika 7, na kateri so krivulje zrnivosti

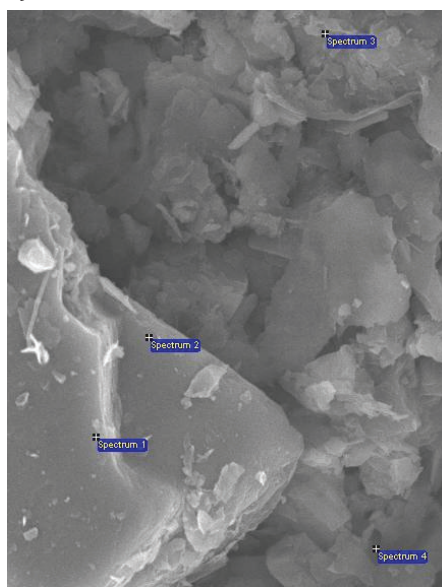


Slika 5: Drobcji iz suspenzije pri vzporednih nikolih: bt – biotit, mu – muskovit, q – kremen, hb – amfibol, cc – kalcit, go – goethit, op – neprosojni minerali, zl – zlepljeni delci/grudice

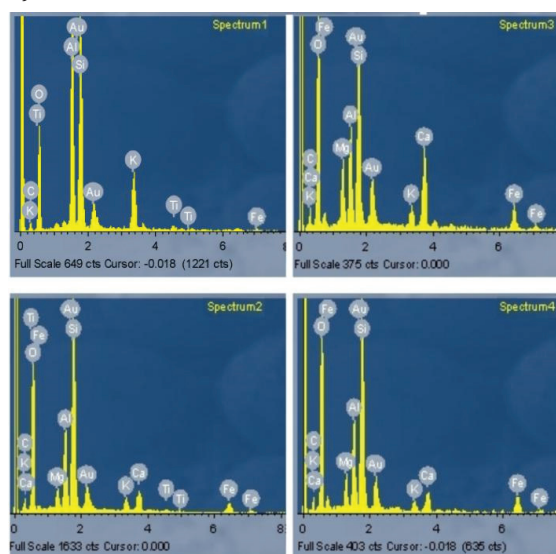
usedljivih snovi z območja HE Dravograd in HE Mariborski otok in pripadajoči pretoki vode na omenjenih hidroelektrarnah.

Mikrobiološki parametri vode so bili preiskani pri vzorcih z območja HE Dravograd in HE Mariborski otok. Ker se količine različnih mikroorganizmov in organskega drobirja v vodi spreminjajo v odvisnosti od fizikalno-kemičnih lastnosti vode, na katere vplivajo številni dejavniki iz okolja, so preiskave potekale eno leto.

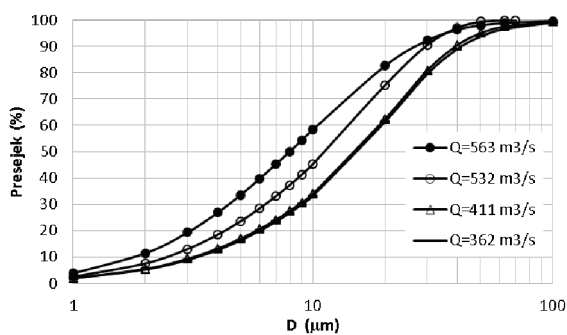
a)



b)



Slika 6: Vzorec, posnet s sekundarnimi (a) in povratno sipanimi elektroni (b), ter spektri označenih točk; spekter 1 in 2 – muskovit, spekter 3 – mešani odboji kalcita, illita in klorita, spekter 4 – predvidoma nekoliko kloritiziran biotit



Slika 7: Razporeditev velikosti zrn usedljivih snovi z območja HE Dravograd in HE Mariborski otok s pripadajočimi pretoki reke Drave

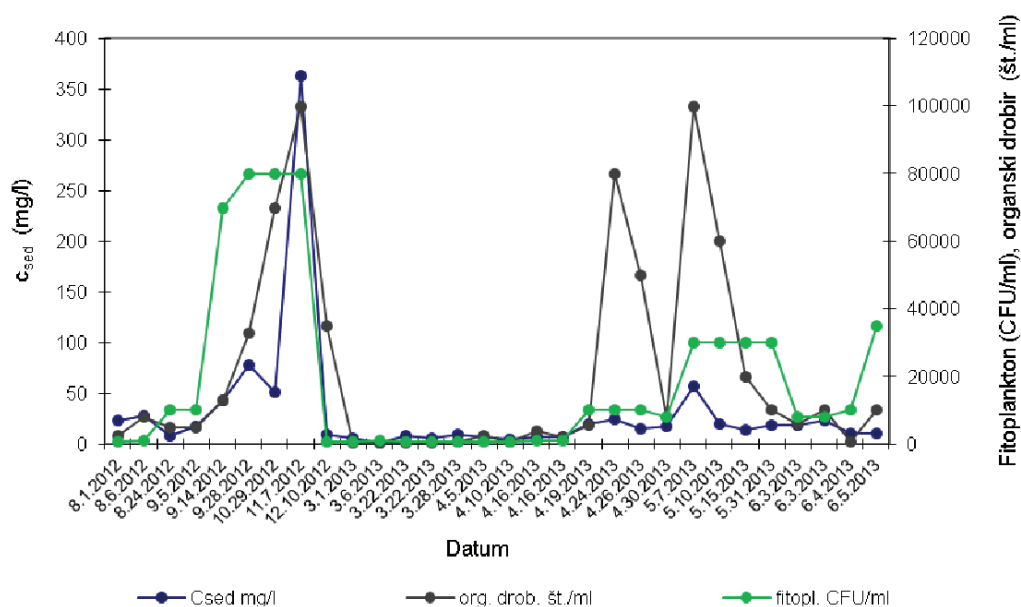
V tem času je bilo odvzetih 60 vzorcev vode. Količine fitoplanktona so se na obeh merilnih mestih gibale med > 600 CFU/ml in $100\,000$ CFU/ml (CFU/ml = Colony Forming Units v 1 ml vode). Gostota zooplanktona, ki se izraža s številom osebkov v določenem volumnu vode (no./ml), je bila med 0 no./ml in 30 no./ml, gostota bakterij med 100 CFU/ml in $10\,000\,000$ CFU/ml in gliv med 0 CFU/ml in $10\,000$ CFU/ml. Količina organskega drobirja se je spreminjala med 100 no./ml in $100\,000$ no./ml.

Iz primerjav podatkov raziskav je razvidno, da se povečane količine fitoplanktona in organskega drobirja skladajo s povečanimi koncentracijami usedljivih snovi, kar pa ne velja za zooplankton, glive in bakterije. Primer na sliki 8 je podan za merilno mesto HE Mariborski otok.

Sklepi

Prispevek prikazuje rezultate merilnega nadzora lebdečih plavin v reki Dravi med Labodom in Mariborom. Cilj preiskav je bil ugotoviti koncentracijo, velikost in sestavo suspendiranih delcev, prav tako pa tudi odvisnost teh parametrov od hitrosti vodnega toka.

Rezultati preiskav so pokazali, da je vsebnost lebdečih plavin v reki Dravi pri povprečnem letnem pretoku vode $Q = 297$ m³/s manjša od 10 mg/l. Razumljivo je, da z naraščanjem pretoka ta količina v splošnem narašča, vendar so preiskave pokazale, da so te soodvisnosti na različnih merilnih mestih različne in le približne, zato se lahko uporabljajo samo kot orientacijske vrednosti. To je bilo pričakovano, saj je pretok odvisen od količine meteornih, precejnih in ledeniških voda, vnos suspendiranih snovi pa od številnih dejavnikov, ki vplivajo na njihovo sproščanje in premeščanje. S hitrostjo vode se je spreminjala tudi velikost suspendiranih delcev. Za pretoke reke Drave do 850 m³/s (največji pretok v času vzorčevanja) je bilo ugotovljeno, da prevladujejo delci velikosti melja. Zrn manjših od 2 mm je bilo med 5 % in 21 %, njihova količina pa je naraščala z naraščanjem pretoka reke. Delcev večjih od 63 mm je bilo malo, pričakovati pa je, da se njihova količina v času poplavnih voda znatno poveča. V sestavi usedljivih lebdečih plavin je prevladoval



Slika 8: Prikaz vpliva fitoplanktona in organskega drobirja na koncentracijo usedljivega materiala na lokaciji Mariborski otok

muskovit, pojavljali pa so se tudi kremen, klorit, plagioklazi, kalcit, dolomit, limonit in v manjših količinah hematit, amfiboli, klinozoisit, titanit, turmalin, granat, cirkon in rutil.

Zahvala

Prispevek posvečam prof. dr. Valeriji Osterc, moji najljubši profesorici na dodiplomskem in magistrskem študiju geologije, smeri Mineralogija, na Fakulteti za naravoslovje in tehnologijo Univerze v Ljubljani. Prof. Osterčevo sem vedno cenila zaradi njenega izjemnega poznavanja stroke in ljubezni do nje, ki jo je na njej edinstven način znala prenašati tudi na svoje študente. Verjamem, da sem tudi sama, prav zaradi nje, boljša strokovnjakinja in pedagoginja, za kar se ji iskreno zahvaljujem.

Viri

- [1] Rusjan, S., Mikoš, M. (2006): Dinamika premeščanja lebdečih plavin v porečjih. *Acta hydrotehnica*, 24, 40, str. 1–20.
- [2] Mikoš, M. (2012): Metode terenskih meritev suspendiranih sedimentov v rekah / Methods of field measurements of suspended sediments in rivers. *Gradbeni vestnik*, 61, 7, str. 151–158.
- [3] Trauner, L., Dolinar, B., Žlender, B., Vrecl - Kojc, H., Šketelj, E., Kramer Stajnko, J., Nekrep, M. P., Podlogar, G., Kamnik, R., Kovačič, B., Jecl, R. (2013): *Dra-Mur-Ci, Cross-border Initiative for the River Drava and Mura, WP 3.1: Monitoring of suspended load and bedload*. Fakulteta za gradbeništvo Maribor, zaključno poročilo projekta, 54 str.
- [4] Trauner, L., Dolinar, B., Kamnik, R., Kramer Stajnko, J., Kovačič, B., Macuh, B., Nekrep, M. P., Šketelj, E., Škrabl, S., Vrecl - Kojc, H., Žlender, B., Čuš, I. (2010): *Wasser im Kraftwerks- und Tunnelbau. Area 4, Project 4.3, Optimierung der Kraftwerksnutzung im Hochgebirge*, 1. 7. 2008–31.12.2009. Graz: Kompetenznetzwerk Wasserressourcen GmbH, Maribor: Faculty of Civil Engineering, final report, 30 str.
- [5] Trauner, L., Čuš, I., Dolinar, B., Greifoner, R., Gutmaher, A., Kirbiš, M., Klasinc, R., Lobnik, A., Macuh, B., Poberžnik, M., Prnaver, A., Reichl, P., Senica, H., Šketelj, E., Škrabl, S., Vovk Korže, A., Vrecl - Kojc, H., Žlender, B. (2008): *Water storage business and environmental impact of Kozjak Reservoir : Work Package 4.4.2, Net Node 4*. Graz: Kompetenznetzwerk Wasserressourcen, Maribor: Faculty of Civil Engineering: Faculty of Mechanical Engineering, final report, 2 zv.
- [6] Jecl, R., Kramer Stajnko, J., Nekrep, M. P., Grajfoner, B. (2013): *Model obvladovanja sedimentov v akumulacijah HE na reki Dravi za ravnanje s sedimenti v akumulaciji ČHE Kozjak*. Fakulteta za gradbeništvo Maribor, Katedra za hidrotehniko, zaključno poročilo študije, 86 str.
- [7] Dolinar, B., Škrabl, S., Senica, H. (2013): *Sedimenti v akumulaciji ČHE Kozjak*. Fakulteta za gradbeništvo Maribor, zaključno poročilo študije, 36 str.
- [8] Trauner, L., Dolinar, B., Jecl, R., Nekrep, M. P., Kramer Stajnko, J., Podlogar, G., Kovačič, B., Kamnik, R. (2012): *Interdisciplinarna meritev prenosa suspendiranih trdnih delcev v izbranih profilih na rekah Dravi in Muri (projekt DRA-MUR-CI)*. Mišičev vodarski dan 2012, Maribor, Zbornik referatov, str. 222–229.
- [9] SIST EN 872:2005 – Kakovost vode – Določevanje suspendiranih snovi – Metoda s filtracijo skozi filtre iz steklenih vlaken.