



R 2.28.

UTJECAJ REGULACIJSKE PREGRADE NA TALOŽENJE SUSPENDIRANOG NANOSA

Neven Kuspilić, Gordon Gilja

SAŽETAK: Na rkm 14+110 rijeke Drave izvedena je regulacijska pregrada „G“ koja presijeca meandar starog riječnog korita cijelom širinom s ciljem stvaranja prostora za izgradnju bazenske luke Osijek u starom riječnom meandru. Pri protocima većim od srednje vode dolazi do prelijevanja preko pregrade, tj. u samoj luci se javlja poremećaj u režimu voda i nanosa. Cilj ovog rada je utvrditi količinu suspendiranog nanosa koji ulazi u luku preko pregrade i uvjete u kojima se taloži mijenjajući na taj način morfologiju korita u luci. Ovaj proces promatran je u trogodišnjem razdoblju od 2011. g. do 2013. g. U radu je prikazana metoda izračuna količine koritiformirajućeg nanosa koja se istaloži unutar akvatorija luke. Od ukupnog pronosa nanosa izdvojena je koritiformirajuća komponenta i za svaku njenu frakciju određeni su uvjeti u kojima se taloži na temelju izračunate brzine tonjenja, brzine kretanja čestica nanosa i dubine vodnog stupca. Zavisnost pronosa suspendiranog nanosa o protoku nije čvrsta veza te je stoga režim nanosa analiziran za tri karakteristična scenarija (srednji, minimalni i maksimalni) prema podacima iz mjerenja. Pokazano je da se intenzivno zasipanje odvija na udaljenosti do 300 m te da su očekivani rezultati unutar intervala pouzdanosti za metode pronosa nanosa.

KLJUČNE RIJEČI: Luka Osijek, regulacijska pregrada, koritiformirajući nanos

SUSPENDED SEDIMENT DEPOSITION DOWNSTREAM OF THE ROCKFILL CLOSURE DAM

SUMMARY: On the Drava River's rkm 14+110, a closure dam was constructed across the upstream end of the old bendway that is being preserved for the Osijek port basin. When the water level rises above the mean level, the closure dam is overtopped due to a disruption of the water and sediment regime. The aim of this paper is to determine the sediment yield that enters the port carried by the flow over the dam and the conditions under which it accumulates, changing the port's morphology during the process. This process is analyzed through a 3-year period, from 2011 until 2013. The paper presents a method for calculation of the layer of suspended sediment deposited in the port basin. For each sediment fraction, the conditions of its deposition are determined based on the particle fall velocity, transport velocity and water column depth. The sediment rating curve doesn't depict a reliable relationship with flow, and thus the sediment regime is analyzed for three characteristic scenarios (mean, minimum and maximum) according to the data. It has been shown that intensive sediment deposition occurs at the distance of under 300

m downstream of the dam. The expected results are within the confidence interval for sediment transport equations.

KEY WORDS: Osijek port, closure dam, bedload sediment

1. UVOD

Na rkm 14+110 rijeke Drave izvedena je regulacijska pregrada „G“ koja presijeca meandar starog riječnog korita cijelom širinom. Regulacijske pregrade su poprečne regulacijske građevine koje se grade uglavnom između postojećih riječnih otoka i obale radi smanjivanja ili potpunog ukidanja protočnosti riječnih rukavaca, ili u slučaju presijecanja riječnih meandara pregrađuje postojeće glavno korito koje će izgubiti svoju funkciju (Hrvatske vode, 2011). Cilj izrade pregrade je usmjeravanje toka Drave u prokop radi njegovog što bržeg razvoja do punog profila, tj. do regulacijskih linija. Regulacijska pregrada izvedena je od kamenog nabačaja na takav način da potpuno zatvori staro riječno korito pri određenim vodostajima, tj. za vodostaje ispod 84 m n. m. U konačnoj fazi planirano je da se pregradom „G“ osigura i spajanje obala bazenske luke iznad razine visokih voda (Hidroing, 2008).

Otvaranjem novog toka kroz prokop stvoren je prostor za izgradnju bazenske luke Osijek u starom riječnom meandru. Nova luka Osijek smještena je na desnoj obali rijeke Drave i uključuje potez od dravskog riječnog km 12+600 do km 14+450. Akvatorij zatvorenog lučkog bazena koristi se za potrebe prekrcaja robe, a ima ulaz na nizvodnom kraju dravskog otoka. Duljina akvatorija zatvorenog lučkog bazena od ulaza do pregrade „G“ je oko 1700 m, prosječna širina mu je 160 m te površina 20.4 ha (Hidroing, 2007).

Nanos puni luku Osijek u uvjetima kada dođe do nadvišenja vodostaja uzvodno od pregrade te se tok rijeke Drave na tom dijelu dijeli na tok kroz luku Osijek i kroz prokop. Specifičnost pregrade je da uzrokuje poremećaj u režimu voda i nanosa na uzvodnom i nizvodnom riječnom potezu. Uzvodni poremećaj posljedica je uspora zbog izgradnje pregrade, a manifestira se kao umirenje toka rijeke Drave neposredno uzvodno od pregrade. Nizvodni poremećaj posljedica je ubrzanja tečenja preko krune praga i pojave vodnog skoka na nizvodnom pokosu pregrade. Uzevši u obzir činjenicu da krana izvedene pregrade u postojećem stanju ne štiti luku Osijek od velikih voda, tj. da pri protocima većim od srednje vode dolazi do prelijevanja preko pregrade, u luci se javlja poremećaj u režimu voda i nanosa.

U ovom radu predstavljeni su rezultati analize režima voda i nanosa rijeke Drave na dionici od rkm 12+531 do rkm 14+100 unutar luke Osijek. Analize su izrađene na temelju prikupljenih podloga: snimljenoj batimetriji korita, podacima o pronosu nanosa s vodomjerne postaje Donji Miholjac i hidrauličkim karakteristikama toka na dionici prikupljenim u sklopu višegodišnjeg monitoringa prokopa Nemetin (Građevinski fakultet, 2014).

Cilj rada je utvrditi količinu suspendiranog nanosa koji ulazi u luku preko pregrade i uvjete u kojima se taloži mijenjajući na taj način morfologiju korita u luci. Ovaj proces promatran je u trogodišnjem razdoblju od 1. 1. 2011. g. do 31. 12. 2013. g.

2. RAZRADA PODLOGA

Podloge koje predstavljaju osnovicu za analizu u ovom radu obuhvaćaju geodetske, hidrološke, hidrauličke i geotehničke podloge. Dio podloga koji opisuje geometriju i lokalni hidrološko - hidraulički režim tečenja prikupljen je neposrednim snimanjem na predmetnoj dionici, dok su podaci o dugoročnom hidrološkom režimu rijeke Drave prikupljeni od nadležne ustanove - Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ).

Geodetske podloge dane su u vidu snimljenih točaka batimetrije korita metodom poprečnih profila i geopozicioniranih trodimenzionalnih točaka. Hidrografsko snimanje korita obuhvatilo je dionicu rijeke Drave u pojasu od ulaza u luku Osijek (rkm 12+374) do pregrade „G“ (rkm 14+100). Na temelju geodetskih snimaka definirano je 18 poprečnih profila korita na kojima će biti analiziran režim voda i nanosa. Na definiranim profilima batimetrija je nadopunjena točkama obale. Snimljene točke prikazane su u nastavku na ortofoto podlozi.

Hidrološke podloge obuhvaćaju protoke potrebne za analizu režima voda i krivulju suspendiranog nanosa za analizu režima nanosa. Od DHMZ-a su pribavljeni podaci o protocima i nanosu na vodomjernoj postaji uzvodno od mosta – VP Donji Miholjac koja se nalazi na rkm 80+500, tj. 70 km uzvodno od predmetne dionice (DHMZ, 2014). Podaci s ove vodomjerne postaje su mjerodavni za predmetnu dionicu jer između njih nema značajnijih pritoka. Karakteristični protoci rijeke Drave na ovoj vodomjernoj postaji su:

$$Q_{NNV} = 164 \text{ m}^3/\text{s}; Q_{SV} = 556 \text{ m}^3/\text{s}; Q_{VVV} = 1897 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Hidrogram na VP Donji Miholjac analiziran je za trogodišnje razdoblje od 1. 1. 2011. g. do 31. 12. 2013. g. Hidrogram snimljen u protekle 3 godina pokrio je veliki raspon protoka pa su tako karakteristični protoci za ovo razdoblje:

$$Q_{NV} = 202 \text{ m}^3/\text{s}; Q_{SV} = 509 \text{ m}^3/\text{s}; Q_{VV} = 1552 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Krivulja suspendiranog nanosa definirana je kao funkcija protoka na temelju mjerenja u razdoblju od 2000. g. do 2013. g. Zavisnost pronosa suspendiranog nanosa P o protoku Q nije čvrsta veza te snimljeni podaci ne pokazuju izražen trend već ih karakterizira veliki rasap podataka. Iz tog razloga navedena zavisnost nije definirana jedinstvenim odnosom, već je promatrana za tri karakteristična scenarija: (1) minimalni pronos susp. nanosa $QS(\text{MIN})$; (2) srednji pronos susp. nanosa $QS(\text{SR})$ i (3) maksimalni pronos susp. nanosa $QS(\text{MAX})$. Jednadžbe definirane za svaki od tri scenarija glase:

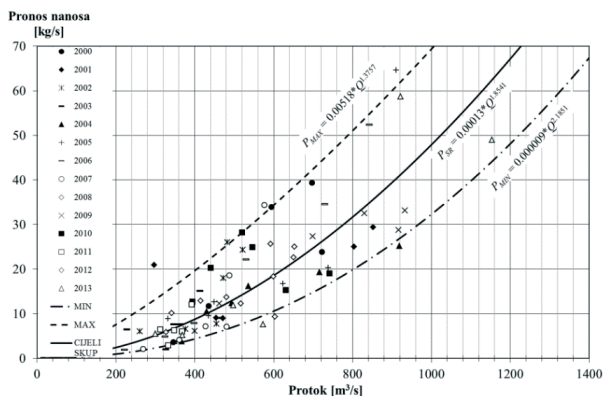
$$P = 9 \cdot 10^{-6} \cdot Q^{2.1851} \text{ [kg/s]} \text{ za } Q_{S(\text{MIN})}; \quad (1)$$

$$P = 1.3 \cdot 10^{-4} \cdot Q^{1.8541} \text{ [kg/s]} \text{ za } Q_{S(\text{SR})}; \quad (2)$$

$$P = 5.18 \cdot 10^{-3} \cdot Q^{1.3757} \text{ [kg/s]} \text{ za } Q_{S(\text{MAX})}; \quad (3)$$

gdje su: P = pronos nanosa [kg/s], Q = protok koritom rijeke Drave [m³/s].

Podaci o pronosu suspendiranog nanosa s karakterističnim krivuljama prikazani su grafički:



Slika 1. Karakteristične krivulje za tri scenarija pronosa suspendiranog nanosa

Hidrauličke podloge prikupljene su kroz 13 diskretnih snimanja na predmetnoj dionici u razdoblju od 2008. g do 2014. g. (Građevinski fakultet, 2014). Podloge obuhvaćaju raspodjelu protoka u uvjetima kada dolazi do prelijevanja preko pregrade „G“, profilski usrednjenu brzinu toka, dubinu i nagib energetske linije na profilu rijeke Drave 12+374 neposredno pred ulazom u luku Osijek. Iz diskretno snimljenih podataka određena je funkcijska zavisnost protoka koji se prelijeva preko pregrade i protoka rijeke Drave:

$$Q_{LUKA} = -5.35 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2 + 1.7188 \cdot Q - 870.88 \text{ [m}^3/\text{s]}; \quad (4)$$

gdje su: Q_{LUKA} = protok kroz luku [m³/s], Q = protok koritom rijeke Drave [m³/s].

Iz poznate funkcijske zavisnosti raspodjele protoka izračunat je hidrogram kroz luku Osijek za promatrano razdoblje u uvjetima kada dolazi do prelijevanja preko pregrade. Karakteristični protoci kroz luku su:

$$Q_{MIN} = 20 \text{ m}^3/\text{s}; \quad Q_{SR} = 221 \text{ m}^3/\text{s}; \quad Q_{VVV} = 508 \text{ m}^3/\text{s}. \quad (5)$$

U nastavku su tablično prikazani sumarni podaci preuzeti iz elaborata „Prokop Nemetin - morfološka, hidrološka i hidraulička mjerenja“ (Tablica 1).

Tablica 1. Prikaz podataka iz mjerenja za monitoring prokopa Nemetin

Mjerenje	Datum	Q_{DRAVA} [m ³ /s]	Q_{LUKA} [m ³ /s]	H [m n. m.]	U [m/s]	h [m]	I [m/m]
m20	26. 8. '09.	674	40	81.40	0.79	5.26	0.000023
m21	24. 9. '09.	843	156	82.01	0.83	5.95	0.000035
m26	1. 9. '10.	617	101	81.85	0.63	5.86	0.000019
m27	21. 9. '10.	1050	363	82.92	0.92	6.76	0.000054
m32	23. 9. '11.	705	55	81.38	0.92	4.78	0.000074
m34	31. 7. '12.	953	310	82.62	0.83	6.55	0.000028
m36	22. 10. '12.	680	74	81.45	0.82	4.94	0.000043
m37	9. 11. '12.	1160	372	82.78	1.17	5.90	0.000076
m38	23. 11. '12.	810	173	81.71	0.84	5.96	0.000024
m39	1. 7. '13.	555	219	83.83	0.41	7.65	0.000008
m45	28. 8. '14.	755	126	81.79	0.67	5.76	0.000024
m46	17. 9. '14.	1485	507	84.07	1.04	8.00	0.000054
m47	1. 10. '14.	888	251	82.62	0.71	7.09	0.000020

Za cjelovito proučavanje morfoloških promjena važno je promatranje nanosa koje uključuje pronos Q_s i njegove geomehaničke karakteristike. Materijal suspendiranog nanosa uzorkovan je na lokaciji VP Donji Miholjac. Iz granulometrijske krivulje uočava se da je suspendirani nanos sastavljen pretežito od praha i pijeska, s promjerom 50%-tnog zrna $d_{50} = 0.15$ mm.

3. ANALIZA REŽIMA VODA I NANOSA

Uzevši u obzir da zavisnost pronosa suspendiranog nanosa P o protoku Q nije čvrsta veza režim nanosa je analiziran za tri karakteristična scenarija prema definiranim krivuljama (slika 1). Tako će rezultat analize biti raspon količine istaloženog nanosa oko najvjerojatnije srednje vrijednosti.

Za analizu režima nanosa neophodno je poznavati režim voda o kojem ovisi kretanje nanosa: na temelju podataka o hidrauličkom režimu toka određuju se uvjeti pri kojima se nanos kreće i lokacije na kojima se taloži. U svrhu određivanja hidrauličkog režima napravljen je numerički model tečenja predmetne dionice pomoću kojega su izračunate srednja dubina i brzina toka unutar akvatorija pri različitim protocima. Za svaki snimljeni hidrološki događaj unutar promatranog razdoblja pri kojem je došlo do prelijevanja preko pregrade određen je udio protoka koji prolazi lukom (4). Za sve protoke izračunate su dubine i brzine na poprečnim profilima do izlaska iz luke (slika 2).



Slika 2. Situacija geodetskog snimka s poprečnim profilima korištenim u proračunima

Količina suspendiranog nanosa koji ulazi u luku preko pregrade pri svakom događaju izračunata je za tri scenarija iz krivulje suspendiranog nanosa (1, 2, 3). Suspendirani nanos sastoji se od dvije komponente: tranzitne i koritiformirajuće. Tranzitni nanos prolazi kroz luku i odlazi nizvodno, dok se koritiformirajući taloži unutar luke mijenjajući morfologiju korita unutar nje. Uvjeti u kojima se nanos taloži određeni su za svaku frakciju nanosa prema granulometrijskoj krivulji. Na temelju poznate brzine tonjenja, brzine kretanja čestica nanosa koja je izjednačena sa srednjom brzinom toka i dubine vodnog stupca određen je put koji prijeđe svaka frakcija nanosa pri svakom hidrološkom događaju prije no što se istaloži. Na ovaj način izračunata je ukupna količina istaloženog nanosa duž luke Osijek.

3.1. Numerički model predmetne dionice

Simulacija polja tečenja unutar luke Osijek provedena je korištenjem 1D numeričkog modela HEC-RAS. Domena numeričkog modela obuhvaća tok rijeke Drave u duljini od 1.6 km (rkm 12+374 - 14+100), a orijentirana je tako da je nizvodni rubni uvjet profil 12+374 rijeke Drave koji je preuzet iz monitoringa prokopa Nemetin. Model sadrži geometriju 18 snimljenih poprečnih profila koji uzimaju u obzir lokalne promjene geometrije korita, neefektivne protočne površine te suženje i proširenje toka koje se javlja pri tečenju kroz luku. Kalibracija modela napravljena je na temelju hidrauličkih podloga (tablica 1). Na temelju opaženih vodostaja i protoka definirana je krivulja koeficijenta hrapavosti n kao funkcija protoka. Rezultati analiziranih protoka su izračunati s diskretizacijom od 100 m^3/s , a predstavljeni su srednjim protokom za svaki razred.

3.2. Brzina tonjenja čestica

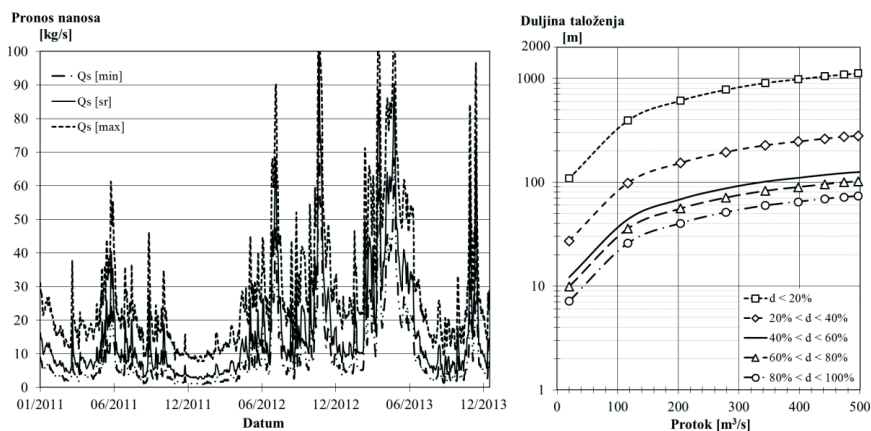
Suspendirani nanos podijeljen je u 5 frakcija zbog njihovog različitog ponašanja prilikom tonjenja, tj. brzina tonjenja ovisna je o promjeru čestice. Frakcije su podijeljene prema prolasku kroz sito tako da se u svakoj od njih nalazi jednaka količina nanosa. Za svaku frakciju izračunata je brzina tonjenja W srednje čestice kojom je reprezentirana cijela frakcija u analizama prema jednadžbama van Rijna. Ove jednadžbe vrijede uz pretpostavku pojednostavljenog taloženja u mirnoj vodi te je zanemaren utjecaj turbulencije. U

nastavku je prikazana pripadna brzina tonjenja za srednji promjer karakteristične čestice:

- $d < 20\% \rightarrow \bar{d} = 0.045\text{ mm} \rightarrow W = 0.18\text{ cm/s}$;
- $20\% < d < 40\% \rightarrow \bar{d} = 0.09\text{ mm} \rightarrow W = 0.74\text{ cm/s}$;
- $40\% < d < 60\% \rightarrow \bar{d} = 0.15\text{ mm} \rightarrow W = 1.65\text{ cm/s}$;
- $60\% < d < 80\% \rightarrow \bar{d} = 0.17\text{ mm} \rightarrow W = 2.03\text{ cm/s}$;
- $80\% < d < 100\% \rightarrow \bar{d} = 0.21\text{ mm} \rightarrow W = 2.80\text{ cm/s}$.

3.3. Taloženje nanosa

Uz poznatu brzinu tonjenja za sve analizirane hidrološke događaje izračunata je duljina potrebna da se istaloži pojedina frakcija suspendiranog nanosa. Duljina taloženja zavisi o hidrauličkom režimu, tj. o dubini vode i brzini toka kroz luku. Rezultati su prikazani grafički u nastavku (slika 3). Da bi se mogle izračunati količine nanosa koji se taloži unutar luke potrebno je poznavati ukupni pronos suspendiranog nanosa kojim rijeka Drava prihranjuje predmetnu dionicu. Dnevni pronos nanosa na izračunat je na lokaciji VP Donji Miholjac pomoću zavisnosti definiranih iz mjerenja i hidrograma u trogodišnjem razdoblju (slika 3).



Slika 3. Pronos suspendiranog nanosa na VP Donji Miholjac (lijevo); duljina potrebna za taloženje nanosa pri različitim hidrauličkim uvjetima (desno)

Usvojena je pretpostavka da sav nanos s VP Donji Miholjac dolazi do predmetne dionice te da je ravnomjerno raspoređen po protočnom profilu. Usvajanjem ovih pretpostavki moguće je procijeniti količinu nanosa koja ulazi u luku proporcionalno s protokom preko pregrade (4). Od ukupnog pronosa nanosa kroz luku potrebno je procijeniti pronos tranzitne komponente koja se razlikuje od koritiformirajuće i ne sudjeluje u taloženju unutar luke. Oblik korita i hidrološko - hidraulički režim se znatno razlikuje na profilu VP Donji Miholjac i unutar luke te nije moguće direktno koristiti krivulju suspendiranog nanosa za procjenu tranzitnog nanosa. Stoga je kao zajednički element hidrauličkog režima za ove riječne profile umjesto protoka odabran Reynoldsov broj koji predstavlja mjeru turbulencije. Iz Reynoldsovog broja izdvojeni su samo varijabilni članovi, tj.

zanemaren je utjecaj viskoznosti jer je usvojena pretpostavka da je ona nepromijenjena na ovom potezu rijeke Drave. Konačno je izračunata zavisnost pronosa nanosa P [kg/s] i umnoška $U \cdot R$ [m²/s]. Jednadžbe za određivanje pronosa tranzitne komponente nanosa definirane za svaki od tri scenarija glase:

$$P = 0.4578 \cdot (U \cdot R)^{2.5302} \text{ [kg/s] za } Q_{S(MIN)}; \quad (5)$$

$$P = 0.9591 \cdot (U \cdot R)^{2.4111} \text{ [kg/s] za } Q_{S(SR)}; \quad (6)$$

$$P = 3.0947 \cdot (U \cdot R)^{1.9095} \text{ [kg/s] za } Q_{S(MAX)}; \quad (7)$$

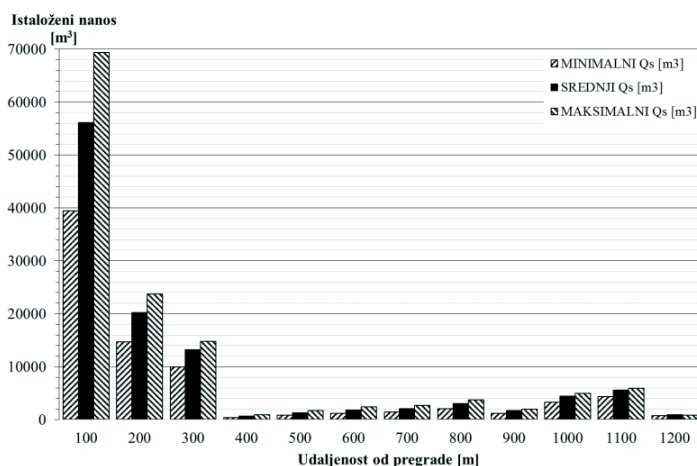
gdje su: P = pronos nanosa [kg/s], U = srednja brzina toka [m/s], R = hidraulički radijus [m].

Podaci o brzini tečenja u luci i hidrauličkom radijusu dobiveni su iz numeričkog modela. Izračunate količine suspendiranog nanosa po komponentama prikazane su tablicom (tablica2).

Tablica 2. Količina suspendiranog nanosa za 3 scenarija po komponentama

Komponenta nanosa	Volumen [m ³]		
	$Q_{S(MIN)}$	$Q_{S(SR)}$	$Q_{S(MAX)}$
Ukupni	89817	131543	249956
Koritoformirajući	79389	110749	133225
Tranzitni	10428	20794	116730

Kada je određen udio koritoformirajućeg nanosa koji ulazi u luku na dnevnim podacima su za svaki scenarij i svaku frakciju suspendiranog nanosa izračunati potrebno vrijeme i put koji nanos prijeđe prije nego se istaloži u vladajućim uvjetima tečenja. Iz duljine taloženja frakcija nanosa iscrtan je histogram uzdužnog profila luke s volumenom istaloženog nanosa:



Slika 4. Histogram volumena istaloženog koritoformirajućeg nanosa

Vidljivo je da se glavnina suspendiranog nanosa istaloži u prvih 100 m od pregrade „G^c“. Ovo je posljedica taloženja krupnijih čestica – čestice $60\% < d < 100\%$ istalože se unutar početnih 100 m od pregrade. Volumen istaloženog nanosa na ovom potezu iznosi 39415 m^3 za $Q_{S(MIN)}$, 56085 m^3 za $Q_{S(SR)}$ te 69350 m^3 za $Q_{S(MAX)}$. Intenzivno taloženje nanosa odvija se do udaljenosti 300 m od pregrade i u ovom području talože se frakcije nanosa promjera $20\% < d < 60\%$. Volumen istaloženog nanosa na ovom potezu iznosi 24622 m^3 za $Q_{S(MIN)}$, 33381 m^3 za $Q_{S(SR)}$ te 38557 m^3 za $Q_{S(MAX)}$.

U nizvodnom području do 1100 m udaljenosti od pregrade taloženje je najslabije i tu se taloži samo frakcija $d < 20\%$. Ovo je područje u kojem je udaljenost premala da se istalože čestice najfinije frakcije. Volumen istaloženog nanosa na ovom potezu iznosi 14631 m^3 za $Q_{S(MIN)}$, 20402 m^3 za $Q_{S(SR)}$ te 24443 m^3 za $Q_{S(MAX)}$. S porastom udaljenosti na > 1100 m od pregrade opada količina istaložene frakcije $d < 20\%$ te je na ovom potezu njena ukupna istaložena količina zanemariva (721 m^3 za $Q_{S(MIN)}$, 881 m^3 za $Q_{S(SR)}$ te 876 m^3 za $Q_{S(MAX)}$).

Rezultati analiza u skladu su s prethodnim analizama režima nanosa na rijeci Dravi (Gilja i drugi, 2009) i unutar intervala pouzdanosti za metode pronosa nanosa (van Rijn, 1984).

ZAKLJUČAK

U ovom radu je prikazana metoda izračuna količine koritoformirajućeg nanosa koja se istaloži unutar akvatorija luke Osijek u trogodišnjem razdoblju na temelju mjerenja protoka i pronosa suspendiranog nanosa. Ukupni pronos suspendiranog nanosa je razdijeljen na tranzitnu i koritoformirajuću komponentu. Za svaku frakciju koritoformirajućeg nanosa određena je duljina taloženja pri vladajućim hidrauličkim uvjetima toka prema njenim karakteristikama, tj. brzini tonjenja. Za pronos nanosa definirana su tri karakteristična scenarija korištena u analizama. Rezultat analize je količina istaloženog nanosa u luci za svaki scenarij, a prikazan je histogramom mase sloja istaloženog nanosa.

Pokazano je da se glavnina nanosa istaloži na potezu do 100 m od pregrade „G^c“. Intenzivno zasipanje odvija se na udaljenosti do 300 m od pregrade, dok na nizvodnom potezu ne dolazi do značajnog taloženja. Očekivani volumen ukupno istaloženog nanosa u tri godine unutar luke Osijek za promatrana tri scenarija iznosi 110749 m^3 , s očekivanom oscilacijom od -28% do $+20\%$. Očekivani volumen tranzitnog nanosa je iznosi 20794 m^3 , uz oscilaciju od -50% do $+460\%$. Neovisno o odabranom scenariju nema drastične razlike u koritoformirajućem nanosu, tj. očekivani rezultati su unutar intervala pouzdanosti za metode pronosa nanosa.

LITERATURA

- [1] DHMZ, (2014): Mjerenje nanosa na Dravi i Muri u 2013. godini, Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske - služba za hidrologiju, Zagreb
- [2] Gilja, G., Bekić, D., Oskoruš, D., (2009): Processing of Suspended Sediment Concentration Measurements on Drava River, Proceedings of the 11th WMHE Symposium (Popovska, C.), University Ss. Cyril and Methodius, Skopje, 181-192
- [3] Građevinski fakultet (2014): Monitoring prokopa Nemetin – morfološka, hidrološka i hidraulička mjerenja, Zavod za hidrotehniku, Zagreb

-
- [4] Hidroing, (2008): Studija o utjecaju na okoliš regulacijskih radova na r. Dravi, Osijek
- [5] Hidroing, (2007): Studija utjecaja na okoliš luke Osijek, Osijek.
- [6] Hrvatske vode, (2011): Opći tehnički uvjeti za radove u vodnom gospodarstvu, Zagreb.
- [7] van Rijn, L. C., (1984): Sediment Transport, Part I: Bed Load Transport, Journal of Hydraulic Engineering, 110/11, 1431-1456

AUTORI

prof. dr. sc. Neven Kuspilić, dipl. ing. građ. ^a

dr. sc. Gordon Gilja, dipl. ing. građ. ^a

^a Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, Fra Andrije Kačića-Miošića 26, Zagreb, 10000, Republika Hrvatska, kuspaa@grad.hr; ggilja@grad.hr