

ZASIPANJE AKUMULACIJA U SRBIJI - PROBLEMI I PRAVCI REŠAVANJA

Mr Marina BABIĆ MLADENOVIĆ*, Zoran OBUŠKOVIĆ**, Zoran KNEŽEVIĆ*

* Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi" - Beograd

** Energoprojekt - Hidroinžinjering

REZIME

Danas širom sveta postoji ogroman broj izgrađenih akumulacija, čija je ukupna zapremina preko 5500km³, ali aktivnosti na projektovanju i izgradnji brana i akumulacija stagniraju u novije vreme, prvenstveno zbog toga što je preostao ograničen broj tehnički, ekonomski i ekološki pogodnih lokaliteta. Istovremeno se konstatuje da je zasipanje postojećih akumulacija nanosom veliki problem, pa se u novije vreme izuzetna pažnja posvećuje njihovoj zaštiti, rehabilitaciji i revitalizaciji. Raznovrsna inostrana iskustva u oblasti zaštite akumulacija od nanosa mogu da imaju veliki značaj za našu vodoprivredu i elektroprivredu, ukoliko se iskoriste u cilju produžetka veka korišćenja postojećih akumulacija ili u planiranju i projektovanju budućih akumulacija. Domaća iskustva u ovoj oblasti imaju poseban značaj, jer proces zasipanja akumulacija zavisi od lokalnih klimatskih, hidroloških, geomorfoloških, antropogenih i drugih faktora. Stoga su u ovom radu prikazani pokazatelji o intenzitetu i karakteristikama procesa zasipanja rečnim nanosom nekih akumulacija sa hidroenergetskom namenom u Srbiji. Takođe, učinjen je pokušaj da se iz domaćih i inostranih iskustava izvedu određene preporuke koje treba koristiti pri planiranju, projektovanju i eksploataciji akumulacija na ovim prostorima.

Ključne reči: akumulacija, nanos, zasipanje

UVOD

Više velikih akumulacija u Srbiji ima prevashodno energetske namene. U toku eksploatacije zapaženi su problemi koji nastaju usled zasipanja akumulacija rečnim nanosom, koji može ugroziti ili već otežava normalno funkcionisanje objekata. U tom pogledu, posebno su reprezentativni primeri akumulacija HE

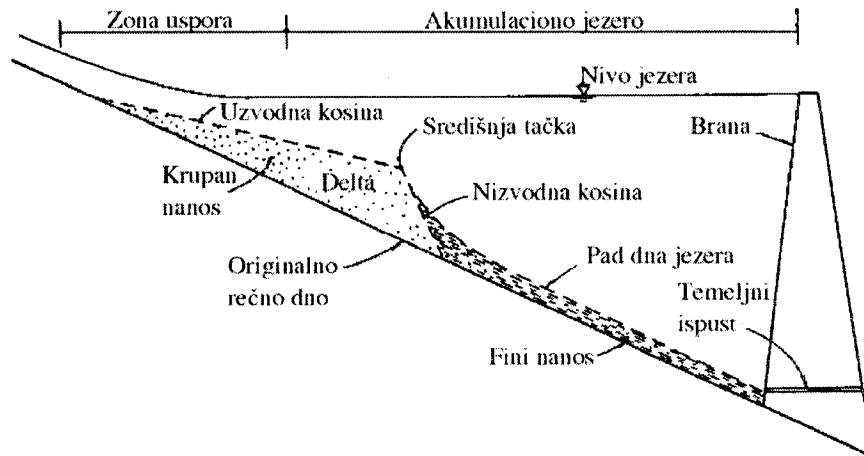
"Međuvršje" i HE "Ovčar Banja" na Zapadnoj Moravi i akumulacije HE "Zvornik" na Drini, koje su izgubile veliki deo svoje korisne zapremine usled zasipanja nanosom. Problem zasipanja akumulacije HE "Đerdap I" je specifičan i posebno delikatan, zbog velikih količina nanosa koje pronosi Dunav.

PROCESI U AKUMULACIJI

Izvođenjem brane sa akumulacijom remeti se veoma delikatna dinamička ravnoteža koja postoji u prirodnom rečnom toku. Brzine vode i transportni kapacitet za nanos se sve više i više smanjuju duž akumulacije, tako da se vučeni i veći deo suspendovanog nanosa (čak i fine frakcije tranzitnog nanosa) zadržava u njenom prostoru (slika 1).

Položaj i oblik nanosnih naslaga u određenoj akumulaciji zavise od: veličine, oblika i pada dna akumulacije; izvora, količina i karakteristika nanosa; režima rada akumulacije; veličine, učestalosti i redosleda pojavljivanja poplavnih talasa; pojave konsolidacije naslaga; prisustva vegetacije; karakteristika ispusnih objekata na brani (vrste i položaja ispusta) i drugih karakteristika akumulacije.

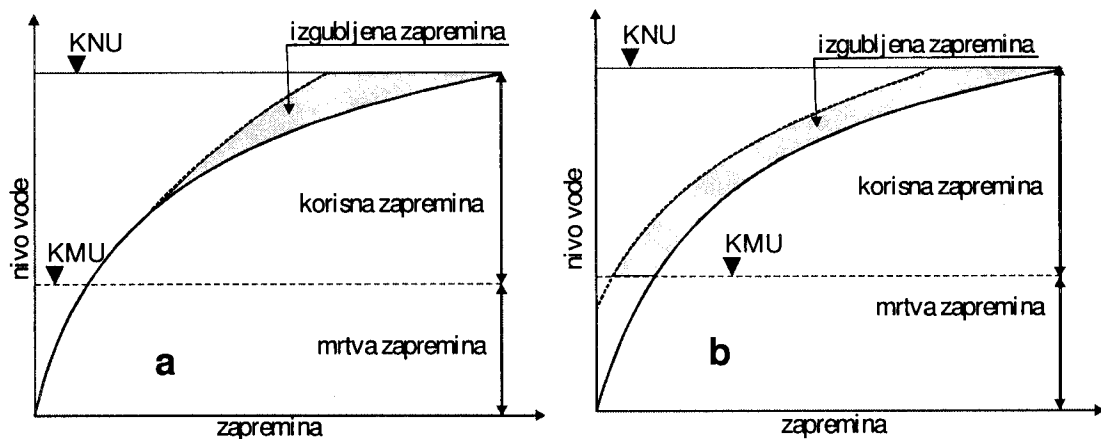
Najčešće se u jednom jezeru javlja više tipova nanosnih naslaga (slika 1). U akumulacijama u kojima se održava relativno visok i stabilan nivo vode, krupne frakcije nanosa zadržavaju na uzvodnom kraju akumulacije, formirajući deltu. Brzina rasta delte može biti velika, zavisno od proticaja i karakteristika sliva, kao i od oblika akumulacije. Nanosne naslage klinastog oblika i ujednačenog pada se javljaju samo u akumulacijama formiranim u klisurama, sa malom zapreminom u odnosu na ulazne količine nanosa, tako da nanos brzo stiže do profila brane i taloži se u mrtvoj zapremini.



Slika 1: Najčešći raspored nanosnih naslaga u akumulaciji

Nepovoljne posledice istaložavanja nanosa u akumulaciji su: redukcija korisne zapremine (slika 2), stvaranje sprudova koji dopunski redukuju hidropotencijal, ometaju plovidbu ili umanjuju estetske kvalitete akumulacije, zamuljenje i pogoršanje kvaliteta vode. U slučaju akumulacija sa hidroenergetskom namenom, smanjenje korisne zapremine predstavlja veliki problem. Naime, hidroenergetska postrojenja se koriste za pokrivanje pikova potrošnje upravo zbog fleksibilnosti rada. Akumulaciono jezero je u suštini skladište energije, tako da se efikasnije koristi ukoliko je veće. Zbog toga smanjenje zapremine akumulacije

rezultira smanjenjem energetske proizvodnje u hidroelektrani, a redukuje se i proizvodnja postrojenja tokom kritičnih perioda - kada je potrošnja velika, a dotok u akumulaciju nedovoljan. Pored toga, nanosne naslage mogu da ugroze sigurnost i funkcije brane i hidroelektrane. Najpre, postoji mogućnost da istaloženi rečni nanos, zajedno sa podvodnim i plivajućim otpacima, zatvori ulaz u evakuacione organe (ispuste) na brani ili ulaze u turbine. Oštećenja turbina, usled abrazivnog dejstva nanosnih čestica, su takođe nepovoljna pojava koja se često javlja.



Slika 2: Gubitak zapremine akumulacije usled zasipanja: (a) uticaj delte; (b) uticaj nanosnih naslaga uniformno raspoređenih po akumulaciji

STRATEGIJE I MERE ZA KONTROLU ZASIPANJA AKUMULACIJA

Neizbežan proces taloženja nanosa, čiji intenzitet zavisi od klimatskih, hidroloških, geomorfoloških, antropogenih i drugih faktora, ograničava vek korišćenja akumulacije. Pored smanjenja korisne zapremine akumulacije, istaložavanje nanosa ima i druge značajne negativne uticaje na akumulaciju i vodotok uzvodno i nizvodno od nje.

Generalno prihvaćeni koncept održivog razvoja i upravljanja vodnim resursima podrazumeva projekte koji su društveno i ekološki prihvatljivi, ekonomski opravdani i tehnički izvodljivi. Primenjen na akumulacije, ovaj koncept podrazumeva maksimalno moguće produženje veka njihovog korišćenja. U tom cilju, neophodno je primenjivati sve raspoložive mere za kontrolu procesa zasipanja akumulacija, kako u fazi planiranja i projektovanja, tako i u toku gradnje i korišćenja [1], [2]. Pri tome treba poštovati opšte priznato načelo da je mnogo bolja prevencija zasipanja nego kasnije uklanjanje već istaloženih nanosnih naslaga.

Mere za kontrolu zasipanja akumulacija mogu se svrstati u tri glavne kategorije: smanjenje ulaza nanosa u akumulaciju, sprečavanje istaložavanja nanosa u akumulaciji i uklanjanje već istaloženog nanosa. Prva kategorija mera se sastoji u smanjenju produkcije nanosa na uzvodnim delovima sliva, konzervacijom zemljišta i kontrolom erozionih i bujičnih procesa. Druga kategorija mera se zasniva na konceptu da je jednostavnije održati nanos u suspenziji tokom njegovog prolaska kroz rezervoar, nego ga pokrenuti kada se istaloži (što je posebno teško ukoliko dođe do konsolidacije nanosa). Treća kategorija mera obuhvata uklanjanje naslaga istaloženog nanosa sa dna akumulacije, stvaranjem hidrauličkih uslova pogodnih za pokretanje i transport nanosa ili iskopom materijala mehaničkim ili hidrauličkim putem.

POKAZATELJI ZA POJEDINE AKUMULACIJE U SRBIJI

Akumulacija HE Bajina Bašta

Akumulacija HE Bajina Bašta je dugačka 50-55 km i relativno uska (prosečna širina oko 400 m), sa dubinom pri brani 80 m. Jedina pritoka u zoni akumulacije je Rzav, koji se uliva na "repu" akumulacije. Od 1975. godine

akumulacija ima vrlo ustaljen režim rada, sa nivoom oko kote normalnog uspora. Namensko pražnjenje akumulacije izvršeno je 1978. godine, zbog izgradnje dovoda RHE Bajina Bašta, uz vrlo nepovoljan uticaj na priobalje (pojave klizišta i drugo).

Antierozione mere i radovi planirane u periodu 1953-1970. godine, uglavnom nisu izvedene. Posle izgradnje brane problematiki nanosa nije poklanjana pažnja. Izvršena su dva nepotpuna snimanja akumulacije (1976. i 1989. godine), na osnovu kojih se nije mogao sagledati ni raspored nanosnih naslaga duž akumulacije. Osmatranja i merenja nanosa ni pre ni posle izgradnje nisu vršena, tako da nema podataka o granulometrijskim i mineraloškim karakteristikama.

U prvim analizama ulaz nanosa bio je procenjen na $210 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{god}$ ($3,2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{god}$). Izgradnja uzvodnih akumulacija u slivu Drine (Kokin Brod 1962, Potpeć 1967, Piva 1976, Uvac 1979, i Višegrad 1989. godine) dovela je do promena u režimu voda (smanjenje velikih voda za oko 8 %, povećanje malih voda za 10 %-15 %), uz određeni uticaj na psamološki režim Drine i zadržavanje nanosa u akumulaciji HE Bajina Bašta. U prvih deset godina eksploatacije (1966-1976.) istaloženo je $25 \times 10^6 \text{ m}^3$ nanosa (prosečno $2,5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{god}$), dok je drugo snimanje akumulacije (1989. godine) nedvosmisleno pokazalo da se zasipanje akumulacije usporava. Ekstrapolacijom raspoloživih podataka u [3] je procenjeno da je ukupna zapremina akumulacije sa početnih $341,8 \times 10^6 \text{ m}^3$ smanjena do 2002. godine na $283 \times 10^6 \text{ m}^3$ (17,2 %). Pritom je zapremina mrtvog prostora smanjena 28,9 %, a korisna zapremina akumulacije za 9,4 % (sa $205,3$ na $186 \times 10^6 \text{ m}^3$). Na osnovu toga se može preliminarno zaključiti da akumulacija Bajina Bašta nema izražen problem zasipanja nanosom. Da bi se ovaj zaključak potvrdio treba ispitati karakteristike nanosa i izvršiti kompletno snimanje akumulacije. Provera sadašnjeg stanja i regularna snimanja akumulacije u budućem periodu eksploatacije potrebni su, pored ostalog, da bi se mogao pratiti uticaj neposredno uzvodne HE Višegrad. U normalnim uslovima eksploatacije hidroelektrane rade u usaglašenom i spregnutom režimu, tako da je ovaj uticaj mali i pozitivan (krupniji nanos se zadržava u uzvodnoj akumulaciji). Međutim, brana HE Višegrad ima mogućnost ispuštanja ili ispiranja značajnijih količina nanosa u određenim situacijama (prelivi su na koti 19 m nižoj od kote normalnog uspora i izuzetno velikog kapaciteta - $Q_{\text{max}} \approx 6000 \text{ m}^3/\text{s}$, a neuobičajeno moćni dubinski ispusti na vrlo niskoj koti, sa $Q_{\text{max}} \approx 5000 \text{ m}^3/\text{s}$), što bi moglo dovesti do izuzetnih promena u akumulaciji

HE Bajina Bašta. Iako nema izraženog problema zasipanja, u budućem periodu je preporučljivo povremeno, u periodu prolaska velikih voda, vršiti ispuštanja vode sa namenskim obaranjem nivoa. Ova operacija ima smisla samo ukoliko se obezbedi pouzdana prognoza nailaska velikih voda, s tim što se namensko obaranje nivoa, bez posebnih ispitivanja i analiza, može vršiti samo do kote minimalnog radnog nivoa, uz detaljno sagledan i analiziran optimalan program ispuštanja.

Akumulacija HE Potpeć

Akumulacija Potpeć je dugačka oko 22 km, prosečne širine 100-300 m, sa dubinom pri brani 38 m. U vreme projektovanja i nakon izgradnje brane (1957-1970.) vršene su analize produkcije i pronosa nanosa, kao i planiranje mera kontrole erozije na slivu. Po izgradnji brane (1967. godine) uočeno je "relativno" brzo zasipanje akumulacije i pojavio se problem začepljenja rešetki vodozahvatnih građevina. Ovo je uslovalo relativno česta snimanja akumulacije (1976, 1981, 1986, 1991, 1999. godine) uz odgovarajuće analize transportnih sposobnosti toka i dinamike zasipanja. Vršena su i određena psamološka istraživanja (u periodu 1956-1957. godine merenja koncentracije i granulometrije suspendovanog nanosa, a 1980. godine ispitivanja sastava istaloženih naslaga), tako da raspoloživi fond podataka, podloga i dokumentacije pruža dovoljnu i pouzdanu osnovu za donošenje zaključaka i preporuka.

Do 1975. godine su u akumulaciji bile izražene fluktuacije nivoa, dok kasnije režim rada podrazumeva održavanje visoke i stabilne gornje vode brane, u periodima velikih voda. Pražnjenja akumulacije su vršena više puta, radi čišćenja rešetki. Prva dva pražnjenja (1979. i 1980. godine) izazvala su povlačenje većih količina mulja, sa značajnim negativnim uticajem na životnu sredinu (pomor riba nizvodno). Stoga su sledećim pražnjenjima (1988. i 1999. godine) prethodile opsežne analize, čiji je cilj bio sagledavanje mogućih problema (hidrotehnički, energetski, geomehanički, geološki).

Procenjuje se da sa sliva reke Lim u akumulaciju dospeva $350 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{god}$ nanosa ($1.26 \times 10^6 \text{ m}^3$). Antierozioni radovi, kojima bi se umanjile količine nanosa do 80 %, nisu izvršeni. Na bazi ekstrapolacije podataka izvršenih snimanja u [3] je konstatovano da je ukupna zapremina akumulacije za 35 godina eksploatacije smanjena za 43.1 % (sa $42.9 \times 10^6 \text{ m}^3$ na $24.4 \times 10^6 \text{ m}^3$), pri čemu se nanos uglavnom zadržavao u mrtvom prostoru (redukovana za $15.2 \times 10^6 \text{ m}^3$ ili

53.5 %). Procentualno znatno manje zasipanje korisne zapremine (redukovana za $3.3 \times 10^6 \text{ m}^3$ ili 22.7 %) je povoljno za energetsku proizvodnju. Takođe, uočava se trend smanjenja zasipanja akumulacije, sa $250 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{god}$ u prvom periodu eksploatacije na $100 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{god}$. U budućoj eksploataciji se preporučuje povremeno ispuštanje vode sa namenskim obaranjem nivoa, u periodu prolaska velikih voda, kako bi se usporio proces zasipanja i izazvalo premeštanje nanosa iz korisnog u mrtav prostor akumulacije. Postoje osnovni uslovi za uspešnost operacije ispiranja: dve pouzdane vodomerne stanice za najavu velikih voda (Bijelo Polje i Prijepolje) i povoljan odnos zapremina talasa velikih voda i akumulacije. Za evakuaciju vode pritom treba koristiti turbine, temeljne ispuste i preliv, jer ispuštanje samo kroz ispuste ima nepovoljne efekte nizvodno. Cilj je da se u narednom periodu održi ukupna zapremina od $18\text{-}20 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ i korisna zapremina od $10 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, koja omogućava fleksibilna dnevna, pa i duža izravnjanja voda i određeno ublažavanje poplavnih talasa.

Akumulacije HE Kokin Brod i HE Uvac

Akumulacije HE Kokin Brod i HE Uvac su dugačke, relativno uske i duboke akumulacije (dubine pri brani 75 m odnosno 95 m). Obe služe za višegodišnje izravnjanje protoka, pune se u vreme nailaska velikih voda, a prelijanja su izuzetno retka.

I u vreme projektovanja i po izgradnji brana (Kokin Brod 1962. i Uvac 1979. godine) problematici nanosa poklanjano je vrlo malo pažnje. Psamološka istraživanja u slivu reke Uvac nikada nisu rađena, akumulacija Kokin brod je snimljena 2 puta (1967. i 1970. godine), a Uvac nijednom.

Režim rada je takav da se sav nanos zadržava u akumulacijama (osim zanemarljivih količina koje prolaze kroz turbine). Međutim, ulaz nanosa je mali u odnosu na ukupnu (pa i projektnu "mrtvu") zapreminu. Na osnovu oskudnih podataka u [3] je procenjeno da je do sada izgubljeno samo oko 3 % korisne zapremine i zaključeno da akumulacije Kokin Brod i Uvac nemaju, niti će u skorijoj budućnosti imati problem zasipanja nanosom. Međutim, treba izvršiti snimanje akumulacije Uvac, da bi se stvorila osnova za buduće, eventualno potrebne kontrole i analize.

Akumulacije HE Ovčar Banja i HE Međuvršje

Akumulacije Ovčar Banja i Međuvršje u Ovčarsko-Kablarskoj klisuri su dugačke, relativno uske (širina

najčešće 50-150 m) i plitke akumulacije (u početnom stanju dubine pri brani 8 m odnosno 25 m). Zbog relativno malih korisnih zapremina, već u projektu su bile predviđene za dnevno ili maksimalno nedeljno izravnaje voda.

Po izgradnji brana (1954. godine) počelo je vrlo brzo zasipanje, pa je akumulacija Ovčar Banja izgubila čak 50 % zapremine. Ispiranja nanosa, kao i ispuštanja nanosa sa obaranjem nivoa u vreme prolaska velikih voda, vršena su 1955/56. godine. Nažalost, sav nanos je prebačen u akumulaciju Međuvršje gde se zadržao. Procenjuje se da je proces zasipanja akumulacije Ovčar Banja završen (ukupna zapremina smanjena 86 %, mrtvi prostor 89 %, a korisna zapremina 79.1 %). Može se očekivati samo eventualno pokretanje i premeštanje nanosa lokalnog karaktera, i to samo pri velikim vodama. I u akumulaciji Međuvršje je proces zasipanja praktično završen (zasuto 82 % ukupne zapremine, 62 % korisne), ali se uočava pomeranje nanosa iz gornjeg u donji deo akumulacije. Režim rada akumulacija je danas uslovljen veličinom raspoložive korisne zapremine, tako da postrojenja rade kao protočna, uz moguće dnevno izravnaje u akumulaciji Međuvršje. U već postignutom "kvaziravnotežnom" stanju može se očekivati dugoročno održanje raspoložive korisne zapremine reda akumulacije Međuvršje od $1.0 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, dok je u akumulaciji Ovčar Banja korisna zapremina limitirana na $0.25 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ vode.

Akumulacija HEPS Đerdap I

U toku projektovanja HEPS "Đerdap I" modeliranju i proračunima taloženja nanosa i deformacije rečnog korita posvećena je značajna pažnja. Urađena je prognoza ukupnih količina nanosa koje će se zadržati u akumulaciji, poduznog rasporeda, dubine i granulometrijskog sastava, kao i povišenja nivoa vode. Rezultati proračuna su ukazali da se mogu očekivati značajne izmene režima nanosa na Dunavu i pritokama, ali sa relativno sporim razvojem nanosnih naslaga i rastom dopunskog uspora. Zaključeno je da osmatranja nanosa i periodični prognozni proračuni treba da predstavljaju obaveznu aktivnost u periodu eksploatacije hidroelektrane. Praćenje režima nanosa i morfoloških promena u prostoru akumulacije započeto je, po utvrđenom programu, 1974. godine i odvijalo se u kontinuitetu, pri čemu je obim radova varirao. Sva istraživanja i analize rađena u tom okviru bila su usmerena na blagovremeno predviđanje efekata zasipanja akumulacije.

U tridesetogodišnjem periodu rada HEPS "Đerdap I" intenzitet taloženja nanosa bio je značajan, a na njega su više uticali hidrološki uslovi nego režim eksploatacije hidroelektrane. Ukupna zapremina nanosnih naslaga na sektoru Dunava između brane i ušća Nere (943-1075 km) iznosi oko 390 miliona m^3 . Najveći intenzitet taloženja bio je u početnom periodu rada hidroelektrane (u prvih sedam godina prosečno $170 \text{ m}^3/\text{m god}$), dok se kasnije smanjuje (na oko $100 \text{ m}^3/\text{m god}$). Nanosne naslage u Đerdapskoj akumulaciji nisu uniformno raspoređene. Čak 87% materijala koji je do danas istaložen u akumulaciji nalazi se na sektoru Dunava između brane i ušća Nere (943-1075 km). Po veličini nanosnih naslaga izdvaja se potez kod Donjeg Milanovca (970-1003 km), sa vrlo značajnim promenama na skoro svim profilima (nanosne naslage debljine i preko 8 m). Sigurno je da će se, na delu akumulacije uzvodno od Golupca, uslovi taloženja nanosa promeniti kada prošireno korito kod Donjeg Milanovca izgubi ulogu taložnice. Tada će proces zasipanja duž akumulacije postati ravnomerniji, ali sa znatno nepovoljnijim posledicama sa aspekta zaštite priobalja, plovidbe i ekosistema.

Akumulacija HEPS Đerdap II

Brana HEPS "Đerdap II" je locirana oko 80 km nizvodno od HEPS "Đerdap I". Uticaj obe brane na režim nanosa u akumulaciji se prati snimanjem poprečnih profila i bilansiranjem količina nanosa. Režim nanosa i morfološke promene u akumulaciji HEPS "Đerdap II" nije tipičan, jer se veliki deo nanosa Dunava zadržava u prostoru uzvodne akumulacije, a preko brane HE "Đerdap I" prelaze samo manje količine, uglavnom veoma finog nanosa. Usled toga, količine nanosa koje pronosi Dunav su manje od transportnog kapaciteta vodotoka, tako da u uslovima varijabilnog rada dolazi do pokretanja sitnijih čestica i erozije rečnog dna u ovoj akumulaciji. Promene koje su se odigrale u akumulaciji HE "Đerdap II" u periodu eksploatacije su relativno beznačajne. Međutim, može se očekivati da će se, uporedo sa starenjem i zasipanjem uzvodne akumulacije, smanjivati njen efekat odnosno postepeno povećavati količine nanosa koje ulaze i istaložavaju se u akumulaciji HE "Đerdap II".

PAP Lisina

Akumulacija "Lisina", izgrađena na Božičkoj reci 1977. godine, čini deo Vlasinskog sistema. Posle

izgradnje brane nije izvršeno ni jedno snimanje akumulacionog prostora, tako da nema relevantnih podataka na osnovu kojih bi se mogli izvesti zaključci o intenzitetu i karakteristikama procesa zasipanja u celoj akumulaciji. Akumulacioni prostor je posle 25 godina eksploatacije sigurno redukovan, a sa aspekta funkcionalnosti akumulacije naročito je važno utvrditi do kog rastojanja od zahvata za PAP je stigla delta i na osnovu toga proceniti stepen ugroženosti i eventualno potrebne mere.

PREPORUKE I ZAKLJUČCI

Opsežne analize sprovedene u [3] generalno su potvrdile da je problematika zasipanja akumulacija izuzetno kompleksna i raznorodna. Režimi i dinamika zasipanja razmatranih akumulacija se veoma razlikuju, kao i njihovo sadašnje stanje. Jednoznačnog rešenja nema, pa se može generalno zaključiti da je najpovoljnije da se problem nanosa sagledava i rešava još u fazi planiranja, projektovanja i u početku eksploatacije akumulacija. Naime, u kasnijim fazama eksploatacije većina mera zaštite akumulacija je neprimenljiva ili ekonomski neopravdana.

Ako preliminarna analiza (u fazi planiranja) pokaže da se u akumulaciji može javiti problem nanosa, u fazi projektovanja izbor adekvatne strategije kontrole procesa zasipanja mora da izvrši multi-disciplinarni tim. Izbor treba izvršiti na bazi višekriterijumske analize, kao kompromis između različitih korisnika vode, uz pažljivu ocenu ekonomskih, ekoloških i socijalnih parametara uticaja procesa zasipanja. Za sagledavanje

efekata različitih mera zaštite neophodna je primena matematičkog i/ili fizičkog modela.

Generalno se može reći da na području Srbije, ni teorijski ni praktično, problemu nanosa nije poklanjana dovoljna pažnja. Praktična i iskustvena saznanja o raznim merama zaštite, njihovoj primeni i efikasnosti su sporadična i nedovoljna. Definisane mere i rešenja zaštite za postojeće akumulacije zahteva posebne analize, uz određen program terenskih hidrološko-psamoloških radova i obavezno snimanje akumulacije.

LITERATURA:

- [1] Babić Mladenović M. i Varga S. (1997): Problemi zasipanja akumulacija - osvrt na Međunarodnu konferenciju u Fort Kolinsu, SAD, "Vodoprivreda" 0350-0519, 29, (1997)165-166, Beograd
- [2] Babić Mladenović M., Varga S. i Petković S. (1999): Kontrola zasipanja akumulacija nanosom - iskustva i mogućnosti, Monografija "Upravljanje vodnim resursima Srbije 99", str. 27-50, Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi"
- [3] Studija zaštite akumulacija sa hidroenergetskom namenom od zasipanja rečnim nanosom i unošenja površinskog nanosa, I faza - Zaštita akumulacija od zasipanja rečnim nanosom, Energoprojekt-Hidroinženjering i Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi", 2003.

RESERVOIR SEDIMENTATION IN SERBIA - PROBLEMS AND SOLUTIONS

by

Marina BABIĆ MLADENOVIĆ*, Zoran OBUŠKOVIĆ**, Zoran KNEŽEVIĆ*

* Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi" - Beograd

** Energoprojekt - Hidroinžinjeri

Summary

A large number of reservoirs was built throughout the world, with an overall volume exceeding 5500 km³, but activities on dam and reservoir design and construction have begun to slow down primarily due to the limited number of technically, economically, and ecologically suitable sites. At the same time siltation of existing reservoirs poses a major problem, and in recent years great attention is being paid to their protection, rehabilitation, and revitalization. International experience in reservoir protection from siltation can be of significant importance for the management of Serbian water and energy resources, when applied to extend the life of existing reservoirs or plan and design

future reservoirs. Domestic experience in this regard is especially important, since the reservoir siltation process depends on local climatic, hydrologic, geomorphologic, anthropogenic, and other factors. For these reasons this paper presents indicators of the intensity and characteristics of the siltation process by river sediments in certain reservoirs used for energy production in Serbia. Furthermore, an attempt is made to formulate guidelines on the basis of domestic and international experience, which should be used in planning, design, and operation of reservoirs in this region.

Key words: reservoir, sediment, siltation

Redigovano 06.11.2003.