

PROCENA UTICAJA IZGRADNJE BRANE I HIDROELEKTRANE NA PROMENU KVALITETA VODE

Vladana Rajaković-Ognjanović, Tina Dašić, Nada Cvijetić

*Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Beograd, Bulevar Kralja Aleksandra
73, E-mail: vladana@grf.bg.ac.rs*

REZIME

U ovom radu prikazana je analiza kvaliteta vode reke Komarnice pre izgradnje brane i hidroelektrane. Konkretno karakteristike okoline, dimenzije objekta definišu uticaje na životnu sredinu, kao i uticaje životne sredine na akumulacije. Pozitivni uticaji su: vodosnabdevanje, navodnjavanje, rekreativne i turističke ponude. Najvažniji negativni uticaji su: promena kvaliteta vode, uticaj na priobalje i zemljište. U radu je prikazan kvalitet vode pre izgradnje brane Komarnica, kao polazna osnova za poredjenje i analizu promena koje se očekuju nakon izgradnje te brane. Pravilnim izborom mera moguće je izbeći ili u velikoj meri ublažiti proces eutrofikacije.

KLJUČNE REČI: kvalitet vode, akumulacija, hidroelektrana, uticaj na okolinu

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF DAM AND HYDROPOWER PLANT ON THE CHANGE OF WATER QUALITY

ABSTRACT

This paper presents an analysis of the water quality of the Komarnica River before the construction of the dam and hydropower plant. Impacts that are positive, and due to which dams are built, refer to water supply, irrigation, recreational and tourist offers. The most important negative impacts are the changes in water quality, the impact on the coast and land. The paper presents the water quality before the construction of the Komarnica dam, and the changes expected after the construction of the dam. By choosing the right measures, it is possible to avoid or greatly mitigate the eutrophication process.

KEY WORDS: water quality, reservoir, hydropower plant, environmental assessment

UTICAJ IZGRADNJE BRANA I HIDROELEKTRANA NA ŽIVOTNU SREDINU

Izgradnjom pregradnog objekata (brane) i formiranjem akumulacije dolazi do promene hidrodinamičkih karakteristika vodotoka, čime se menjaju uslovi za opstanak biljnih i životinjskih vrsta u samom vodotoku. Novoformirana vodena akvatorija utiče na okruženje, a ti uticaji mogu biti i pozitivni i negativni. Najznačajniji pozitivan uticaj je obezbeđivanje vode za različite namene: vodosnabdevanje, navodnjavanje, energetska proizvodnja, rekreaciju i turizam. Pored toga, energija dobijena korišćenjem snage vode je obnovljiv i čist izvor energije. Akumulacije su objekti kojima se vodni režimi iz kategorije neupravljivih prevode u upravljive, što omogućava povećanje protoka nizvodno od pregradnog objekta u periodima malih voda, kao i ublažavanje talasa velikih voda i smanjenje opasnosti od poplava nizvodnog područja. Formiranje akumulacija dovodi i do negativnih uticaja na okruženje. Ohrabrujuća činjenica je da se veliki broj tih negativnih efekata može ublažiti ili u potpunosti eliminisati. Neki od značajnijih negativnih uticaja su: zasipanje akumulacije, koje se ne može u potpunosti otkloniti, ali se antierozionim radovima u slivu može u velikoj meri usporiti; longitudinalna migracija riba, koja je izgradnjom brane prekinuta, može se omogućiti izgradnjom odgovarajućih objekata za prolaz riba. Proces eutrofikacije jezera jedan je od ozbiljnijih fenomena, koji može ugroziti kvalitet vode ako se ne preduzmu odgovarajuće mere zaštite na slivu, kao i u samoj akumulaciji (A.C.M.Valle,2009, Đorđević, B. i dr., 1995, Đorđević B. i T. Dašić, 2019).

Da bi se brana i akumulacija na najbolji način uklopili u okruženje neophodno je, još u fazi projektovanja, sagledati sve uticaje na životnu sredinu, što omogućava da se predvide mere kojima će se negativni efekti otkloniti ili u najvećoj mogućoj meri ublažiti. Jedna od ključnih analiza u okviru ekoloških projektnih aktivnosti je razmatranje kvaliteta vode i promena do kojih će doći nakon promene hidrodinamičkih režima i formiranja akumulacije. U ovom radu analizirana je pribranska akumulaciona HE „Komarnica“. Prikazana je analiza i ocena parametara kvaliteta vode u postojećim uslovima (pre izgradnje brane), što predstavlja polaznu osnovu za dalje analize mogućih promena kvaliteta vode u akumulaciji i mera koje je potrebno preduzeti da bi ti parametri bili što bolji.

KVALITET VODE REKE KOMARNICE-ANALIZA REZULTATA MERENJA

Reka Komarnica je glavna pritoka reke Pive koja raspolaže značajnim hidroenergetskim potencijalom. Izgradnja HE „Komarnica“ predviđena je Prostornim planom Crne Gore do 2020. godine, Strategijom razvoja energetike do 2030. godine i Vodoprivrednom osnovom Republike Crne Gore. Za pravilnu procenu uticaja izgradnje HE „Komarnica“ urađena je analiza i ocena postojećeg kvaliteta vode. Terenskim obilaskom, urađeno je uzorkovanje koje pokriva potez donjeg toka reke Komarnice nakon izlaska iz kanjona Nevidio, od mesta Duži, do ušća u Pivsko jezero, kao što je zaokruženo na mapi prikazanoj na slici 1. Tokom obilaska terena ekipa je uzorkovala vodu i analizirala one parametre kvaliteta koji daju pravu sliku o kvalitetu vode kada se mere na licu mesta. Te analize bile su: koncentracije rastvorenog kiseonika i temperatura. Pored ovih parametara određen je sadržaj ukupnih rastvorenih materija (eng. Total dissolved solids-TDS), provodljivost i pH vrednost. Sve navedene parametre moguće je odrediti pomoću jednog multiparametarskog uređaja koji pravilnim izborom sondi meri sva četiri parametra, kao i temperaturu vode.



Slika 1 Mapa durmitorskog područja sa deonicom koja je bila obuhvaćena obilaskom terena
Figure 1 Map of the region that is in focus of experiments of the research

MERENJA I METODE

U tabeli 1 prikazane su oznake, lokacije i fotografije mernih mesta, sa terena pri uzorkovanju. Pored navedenih parametara koji se određuju na licu mesta, analiza drugih parametara rađena je u Laboratoriji za Kvalitet vode Građevinskog fakulteta, Univerziteta u Beogradu. Parametri, metode i jedinice u kojima se izražavaju analizirani parametri prikazani su u tabeli 2. Za ocenu kvaliteta analizirane vode koristi se Uredba o klasifikaciji i kategorizaciji površinskih i podzemnih voda, Službeni list Crne Gore, br 2/07, iz 2007. godine (Prilog I). Prema navedenoj Uredbi sve vode se prema nameni dele na vode koje se mogu koristiti za: piće i prehrambenu industriju; ribarstvo i uzgoj školjki; za kupanje (osim bazenskih voda i voda koje se koriste u terapeutske svrhe). Vode koje se mogu koristiti za piće i prehrambenu industriju razvrstavaju se u četiri klase, i to: klasa A - vode koje se u prirodnom stanju, uz eventualnu dezinfekciju, mogu koristiti za piće; klasu A1 – vode koje se posle jednostavnog fizičkog postupka prerade i dezinfekcije mogu koristiti za piće; klasu A2 - vode koje se mogu koristiti za piće nakon odgovarajućeg kondicioniranja (koagulacija, filtracija i dezinfekcija); klasu A3 - vode koje se mogu koristiti za piće nakon tretmana koji zahteva intenzivnu fizičku, hemijsku i biološku obradu sa produženom dezinfekcijom i hlorinacijom, odnosno koagulaciju, flokulaciju, dekantaciju, filtraciju, apsorbciju na aktivnom uglju i dezinfekciju ozonom ili hlorom.

REZULTATI I DISKUSIJA

U tabeli 2 prikazani su rezultati dobijeni nakon analize uzoraka. Svi parametri, odnosno svi dobijeni rezultati ukazuju da vode na ispitivanim mernim mestima odgovaraju A klasi. Ova klasa pripada vodama koje se u prirodnom stanju mogu koristiti za piće, uz eventualnu dezinfekciju. Sa aspekta mogućeg razvoja procesa eutrofikacije posebno je značajno (ohrabrujuće) veoma malo prisustvo azotnih i fosfatnih jedinjenja, koji predstavljaju glavne nutrijente, odnosno pokretače procesa eutrofikacije. Pored rezultata analize uobičajeno je da se rezultati dobijeni eksperimentalnom analizom mogu proveriti putem provere bilansa jona u vodi.

MERE I MONITORING NAKON IZGRADNJE BRANE I HIIDROELEKTRANE

Eutrofikacija jezerskih voda je fenomen koji je prisutan kod svih jezera. Nastaje kao odgovor ekosistema na povećane koncentracije nutrijenata, fosfora (P) i azota (N), usled prirodnih i antropogenih aktivnosti. Eutrofikacija uzrokuje neravnotežu u ekološkim procesima jezerske vode, što često podrazumeva bujanje plavo-zelenih algi, narušavanje kvaliteta vode, pomor ribe i značajne ekonomske gubitke. Iako je eutrofikacija fenomen koji je odavno poznat, neki od ključnih odgovora na pitanja vezana za pojavu eutrofikacije nisu još dati. Za kontrolu eutrofikacije potrebno je pratiti i meriti koncentracije nutrijenata, dakle, obavezno meriti ukupnu koncentraciju azota (N_{tot}) i fosfora (P_{tot}), koncentraciju hlorofila, prozračnost vode, merenje dubine pomoću seki diska (SD), hemijsku potrošnju kiseonika (HPK). Za ocenu stepena trofičnosti jezera moraju biti poznati i usvojeni određeni standardi. Najčešće se koristi i primenjuje Karolsonov standard o indeksu trofičnosti. Vrednosti koje definišu trofičnost jezera prema ovom standardu prikazane su u tabeli 4. U prvoj koloni je opisno prikazan stepen trofičnosti, a u drugim kolonama date su vrednosti parametara koje definišu odgovarajući stepen trofičnosti. Za sve navedene parametre (ukupna koncentracija fosfora i azota, koncentracija hlorofila i hemijska potrošnja kiseonika) sa većom vrednošću raste i stepen eutrofikacije jezera. Samo za parametar kojim se određuje prozračnost jezera seki diskom je obrnuto proporcionalna zavisnost - što je veća prozračnost vode to je trofičnost jezera manja (Đorđević, B. i dr., 1995, Đorđević B. i T. Dašić, 2019, H.Du, 2019, X.Lu,2019).

Izbor mera koje će se sprovesti u cilju zaštite akumulacije od eutrofikacije zavise od karakteristika konkretnog problema, ekoloških i ekonomskih faktora. Ipak, neke opšte mere koje se po pravilu sprovode za svaku akumulaciju su: čišćenje akumulacije do kote normalnog uspora neposredno pre prvog punjenja, kontrola kvaliteta voda koje ulaze u jezero i po potrebi planiranje izgradnje postojenja za prečišćavanje otpadnih voda kako bi se sprečilo unošenje nutrijenata, kontrola upotrebe đubriva u slivu akumulacije, izbegavanje dugih plitkih deonica i dr. Važan segment pri planiranju brana i akumulacija je i planiranje adekvatnog monitoringa kvaliteta vode.

Tabela 1 Merna mesta, lokacije i fotografije sa terena

Table 1 Measuring sites, description of location and photos of sampling sites

OZNAKA	LOKACIJA	FOTOGRAFIJA
#1	Dubravska vrela	
#2	Uzvodno od Dubravskih vrela	
#3	Izvor na levoj obali Komarnice	
#4	Reka Komarnica-profil Duži	

Tabela 2 Analizirani parametri kvaliteta, analitička metoda i merna jedinica
 Table 2 Analysed parameters of quality, analytical methods and measuring units

PARAMETAR KVALITETA	ANALITIČKA METODA	MERNA JEDINICA
Temperatura	Termometrija	°C
Sadržaj rastvorenog kiseonika O ₂	Elektrometrijska	mg/L
pH	Elektrometrijska, potenciometrija	-
El. provodljivost	Konduktometrija	μS/cm
Mutnoća	Turbidimetrija	NTU
Boja	Kolorimetrija	°Pt-Co
Ukupne rastvorene materije (eng. TDS)	Konduktometrija	mg/L
Tvrdoća vode	Kompleksometrijska titracija	mg CaCO ₃ /L, °dH
Bikarbonati, HCO ₃ ⁻	Kiselo-bazna titracija	mg CaCO ₃ /L
Anjoni (hloridi, fluoridi, sulfati, nitrati, nitriti, fosfati)	Jonska hromatografija	mg/L
Katjoni (litijum, natrijum, kalijum, amonijum, kalcijum, magnezijum)		

Tabela 3 Rezultati analiza uzoraka iz toka reke Komarnice
 Table 3 Results of the analysis of samples from Komarnica river

PARAMETRI, JEDINICE	UZORCI			
	#1	#2	#3	#4
Boja (°Pt-Co)	0	0	0	0
Mutnoća (NTU)	0,36	0,20	0,41	0,29
Temperatura (°C)	7,9	7,4	8,2	9,3
Rastvoreni kiseonik, O ₂ , mg/L	10,83	10,86	10,32	10,28
pH	7,81	7,78	7,70	7,99
EC, μS/cm	168	170	174	225
TDS, mg/L	81,5	85,3	82,9	106,9
Ukupna tvrdoća, mg/L	132;	126;	134;	164;
CaCO ₃ ; °dH	7,4	7,0	7,5	9,2
Bikarbonati, HCO ₃ ⁻ , mg/L	166,76	154,74	124,16	205,16
Litijum, Li ⁺ , mg/L	0	0	0	0
Natrijum, Na ⁺ , mg/L	2,18	2,56	0,07	1,43
Amonijum, NH ₄ ⁺ , mg/L	0,05	0	0	0
Kalcijum, Ca ²⁺ , mg/L	49,6	46	54	62
Magnezijum, Mg ²⁺ , mg/L	2,1	1,6	0,1	1,8
Kalijum, K ⁺ , mg/L	3,4	2,7	0	7,2
Fluoridi, F ⁻ , mg/L	0,00	0,00	0,00	0,00
Hloridi, Cl ⁻ , mg/L	1,29	0,98	1,31	1,25
Nitrati, NO ₃ ⁻ , mg/L	0	0	0	0
Nitriti, NO ₂ ⁻ , mg/L	0	0	0	0,38
Fosfati, PO ₄ ³⁻ , mg/L	0	0	0	0
Sulfati, SO ₄ ²⁻ , mg/L	3,22	2,37	2,60	3,96

Tabela 4 Standardne vrednosti za ocenu stepena trofičnosti jezera (H.Du i drugi, 2019)
Table 4 Standard values for lake status considering eutrophication

STEPEN EUTROFIKACIJE	Sadržaj hlorofila (mg/L)	P _{tot} (mg/L)	N _{tot} (mg/L)	HPK (mg/L)	SD (m)
Oligotrofno	0-1,0	0-2,5	0-30	0-0,3	5,0-10,0
Slabo mezotrofno	1,0-2,0	2,5-5,0	30-50	0,3-0,4	1,5-5,0
Mezotrofno	2,0-4,0	5,0-25	50-300	0,4-2,0	1,0-1,5
Izraženo mezotrofno	4,0-10,0	25-50	300-500	2,0-4,0	0,4-1,0
Eutrofno	10,0-65	50-200	500-2000	4,0-10	0,3-0,4
Hipereutrofno	65,0-100	200-600	2000-6000	10,0-25	0-0,3

Uz odgovarajući monitoring program omogućava se održavanje parametara kvaliteta vode u odgovarajućim granicama i pravovremeno reagovanje u slučaju pogoršavanja vrednosti tih parametara. Vodena akvatorija (jezero) sa vodom visokog kvaliteta, pored toga što oplemenjava prostor, može se koristiti za rekreativne, sportske i turističke namene. Izuzetno je važno razumeti da je svaka akumulacija jedinstven ekološki sistem i da ne postoji univerzalno rešenje koje bi moglo da važi za sva jezera. Dakle, svako veštačko jezero ima svoje jedinstvene karakteristike i primena istih mera u dve različite akumulacije može dati različite efekte. Zbog toga je izuzetno važno pratiti promene ključnih parametara kvaliteta i njihovu međuzavisnost. Dinamika i lokacije na kojima se vrši monitoring razlikuju se za različite parametre kvaliteta, a zavise i od karakteristika akumulacije i njene namene. Kod akumulacija koje su namenjene za hidroenergetsku proizvodnju na mesečnom nivou potrebno je pratiti sledeće parametre: koncentracija nutrijenata (ukupna koncentracija azota (N_{tot}) i fosfora (P_{tot})), koncentracija hlorofila, prozračnost vode merenjem dubine pomoću seki diska (SD), sadržaj organskih materija preko hemijske potrošnje kiseonika (HPK). Sezonsko praćenje zavisi od padavina, hidroloških i limnoloških karakteristika i trendova sušnih i kišnih epizoda (H.Du i drugi, 2019). Analize i dosadašnja istraživanja su pokazala da uvođenje obaveznog praćenja parametara kvaliteta vode ne poskupljuje eksploatacione troškove, a značajno poboljšava i unapređuje kvalitet životne sredine.

ZAKLJUČAK

Kvalitet vode u akumulacijama jedna je od najvažnijih važnih karakteristika tih sistema, posebno sa aspekta uticaja na okruženje. Kvalitet vode u budućoj akumulaciji u velikoj meri zavisi od kvaliteta vode u vodotoku na kome se formira. Analiza parametara kvaliteta još u fazi projektovanja sistema omogućava da se predvide mere kojima će se kvalitet vode održavati na najvišem nivou. Pored toga, neophodno je predvideti monitoring (permanentnu kontrolu) kvaliteta vode kako bi se minimizirala, kontrolisala i, u slučaju potrebe, odgovarajućim merama sprečila eutrofikacija. Obavezna i redovna kontrola kvaliteta vode omogućava višenamensku upotrebu jezera i treba da bude deo uobičajenih kontrola koje se obavljaju u sistemu. Pravilno upravljanje i izbegavanje eutrofikacije može se postići: čišćenjem akumulacije pre prvog punjenja, praćenjem i održavanjem koncentracije

rastvorenog kiseonika, hlorofila, nutrijenata i drugih parametara kvaliteta u propisanim granicama, izbegavanjem naglih promena nivoa vode u jezeru, kontrola kvaliteta vode koja ulazi u jezero i dr. Od svih parametara kvaliteta monitoring i kontrola hlorofila i nutrijenata se smatraju najvažnijim.

LITERATURA

- A.C.M.Valle, M.A.A. Aguiar, G.Cruz Jr., The impact of water quality as an environmental constraint on operation planning of a hydro-thermal power system, *Renewable Energy* 34(3) (2009) 655-659
- Đorđević, B. i dr.: Izbor mera zaštite akumulacija od eutrofikacije, Zbornik radova "Akumulacije kao izvorišta za snabdevanje vodom", Leskovac, 1995.
- Đorđević B. i T. Dašić, Ekologija vodoprivrednih sistema, Građevinski fakultet Univerzitet u Beogradu i Akademija inženjerskih nauka Srbije, 2019.
- H.Du, Z.Chen, G.Mao, L.Chen, J. Crittenden, R.Y. Man Li, L.Chai, Evaluation of eutrophication in freshwater lakes: A new non-equilibrium statistical approach, *Ecological indicators* 102 (2019) 686-692
- X.Lu, Y.Lu, D.Chen, C.Su, S.Song, T.Wang, H.Tian, R.Liang, M.Zhang, K.Khan, Climate change induced eutrophication of cold-water lake in an ecologically fragile nature reserve, *Journal of Environmental Sciences* 75 (2019) 359-369