

UTICAJ OBJEKATA AKVAKULTURE NA STANJE VODNIH TIJELA POVRŠINSKIH VODA SA PRIMJERIMA NA VODNOM PODRUČJU JADRANSKOG MORA

Autor: Adnan Bijedić, Zavod za vodoprivredu d.d. Sarajevo, Paromlinska 53E/I, 71000 Sarajevo, a.bijedic@vodoprivreda.ba

Rezime: Uzgoj akvakulture u Bosni i Hercegovini, imajući u vidu prirodne vodne resurse, tradiciju, kadrove i mogućnosti tržišta ima perspektivu kao grana poljoprivrede. Postojeći kapaciteti nisu iskorišteni pa bi se u samo nekoliko godina proizvodnja mogla povećati. U institucijama zaduženim za upravljanje vodama nastoje da se postavljanjem uslova i kontrolama osigura da povećanja proizvodnje ne ugroze dobro stanje voda. Pritisци se ogledaju po biološkim, fizičko hemijskim i hidromorfološkim pokazateljima ekološkog stanja vodnih tijela. Na osnovu jednogodišnjeg monitoringa pilot vodnih tijela vodnog područja Jadranskog mora procijenjeni su stvarni uticaji akvakulture na kvalitet voda i sedimenta što je bila osnova da se, na osnovu graničnih vrijednosti uslovljenog stanja, odrede mogućnosti povećanja proizvodnje.

Ključne riječi: akvakultura, vodno tijelo, uticaj, stanje voda.

RAZVOJ AKVAKULTURE U BOSNI I HERCEGOVINI

Organizovani uzgoj akvakulture, (akvakultura – uzgoj biljaka i životinja u vodnoj sredini, npr. ribe, školjke, alge), u Bosni i Hercegovini (BiH) počinje koncem XIX vijeka a zaštita voda, bazirana na zakonitosti, se počela primjenjivati Uredbom iz 1886. Smatra se da je početak modernog uzgoja akvakulture vezan za osnivanje Ribogojilišta Vrelo Bosne kod Ilidže 1894, gdje je kasnije, 1898 izgrađeno i novo mrijestilište, tada najveće i najmodernije u našim krajevima. Razvoj šaranskog ribarstva počinje 1905 izgradnjom ribnjaka kod Prijedora, odnosno 1908 izgradnjom ribnjaka kod Bosanske Gradiške. U period od 1946 do 1982, a posebno posljednjih 20 godina, dolazi do razvoja novih, intenzivnijih načina uzgoja ribe i ostalih vodenih organizama, pod nazivom akvakultura. Razvija se sistem plutajućih kafeza gdje se jedinke vrlo gusto nasaduju sa većim prinosima. U ishranu se uvodi visokovrijedna proteinska hrana. Do 1990 je proizvodnja konzumne ribe dosegla količinu od 3000 t godišnje. Nakon 1996 radi se na obnovi i ponovnom intenziviranju proizvodnje. Smatra se da je pozitivni uticaj na proizvodnju učinjen privatizacijom proizvodnih objekata. Od 1999 do 2003 je došlo do poboljšanja uslova za proizvodnju i preradu akvakulture, I pored pozitivnih pomaka u proizvodnji postojeći kapaciteti nisu u potpunosti iskorišteni, tek od 35 do 75%. Pojedini proizvodni objekti, zbog zapuštenosti, nedostatka sredstava ili problema oko vlasništva, nisu ni obnovili proizvodnju. (2)

Dugoročnom strategijom razvoja, odgovarajućom legislativnom i finansijskom podrškom ova grana poljoprivrede bi u narednih 5 godina mogla proizvoditi oko 10.000 t/godišnje konzumne ribe i školjki te oko 40.000.000 komada mlađi slatkovodnih vrsta ribe. BH proizvodi akvakulture su kurentni i mogu se plasirati na domaćem i inostranom tržištu. (5)

Objekti akvakulture imaju, u osnovi negativan uticaj na ekološko stanje voda, po sva tri pokazatelja koji to stanje određuju: fizičko-hemijski, biološki te hidromorfološki. Prikaz uticaja objekata akvakulture na pripadajuća i nizvodna vodna tijela površinskih voda, u ovisnosti od proizvodnih kapaciteta, tipa objekata i načina hranjenja, sa prikazima rezultata ciljanog monitoringa na pilot vodnim tijelima Vodnog područja (VP) Jadranskog mora, je tema ovog rada.

UZGOJNI SISTEMI AKVAKULTURE

U nastavku se daje kratak opis uzgojnih sistema akvakulture koji se koriste na prostoru VP Jadranskog mora, sa prikazom poznatih, literaturno obrađenih zagađujućih uticaja odnosno pritisaka na vode.

PROTOČNI SISTEMI UZGOJA

Protočni sistemi se najčešće karakterišu hladnovodnim mrijestilištima i odgovarajućim salmonidnim vrstama. Brza izmjena voda omogućava intenzivan uzgoj po jedinici zapremine objekta. Obično ovakvi sistemi rade sa vremenom zadržavanja voda od najviše 1 sat, što s druge strane ima uticaj na stepen razrjeđenja zagađenja. Bazeni su uglavnom armirano betonski, sa uzdužnim tokovima voda.

Dvije su osnovne karakteristike uticaja ovih sistema na kvalitet voda prijemnih vodnih tijela (VT): (i) najznačajniji izvor zagađenja-nutrijenta je riblja hrana, i (ii) obzirom na intenzitet uzgoja i vrijeme zadržavanja voda efluent se karakteriše niskom koncentracijom. Najčešći uzroci povećanja koncentracija zagađenja u ispusnim vodama su poremećaji u načinu ishrane i načinu čišćenja objekata, dok su izvori zagađenja u nutrijentima, jedinjenjima azota i fosfora, u ribljim metabolizmima. Smanjenje zagađenja nutrijentom-fosforom je moguće pažljivijim odabirom i načinom ishrane. Drugi način smanjenja zagađenja, sa potvrđenim pozitivnim efektima, je češće otklanjanje istaloženih materija uz pravilno i okolinski neškodljivo odlaganje ili uvođenje djelomične recirkulacije, (10% količine voda po danu).

KAFEZNI SISTEMI UZGOJA

Po ovom sistemu riba se smješta u ograničene prostore-kafeze, velike koncentracije jedinki, u zapreminski značajne vodne prostore. Zagađenja po različitim izvorima, uglavnom u obliku suspendovanih materija, prolaze kroz dna kafeza te se rastvaraju ili talože po dnu vodnog tijela. Izvori zagađenja su uglavnom fekalne materije i nekonzumirana riblja hrana.

Ovakvi sistemi uzgoja su raširen način proizvodnje ali se na osnovu stečenih iskustava u svijetu može reći da izazivaju sukobe sa drugim korisnicima voda radi smanjenja prihvatnih kapaciteta voda za dodatne količine zagađenja.

OSNOVNI POKAZATELJI I UPOREDBE UTICAJA OD OBJEKATA AKVAKULTURE

Karakteristike izlaznih voda objekata akvakulture, po osnovnim pokazateljima zagađenja, su: ukupne suspendovane materije (SM), biohemijska potrošnja kisika (BPK), ukupan azot (TN) i ukupan fosfor (TP), te odnos ukupan azot/ukupan fosfor – TN/TP.

SUSPENDOVANE MATERIJE (SM)

U normalnim hidrološkim i uslovima pogona suspendovane materije u izlaznim vodama akvakultura nisu značajne. Koncentracije se uglavnom kreću od 10 do 20 mg/l, sto je, radi uporedbe, znatno niže od prosječnih koncentracija urbanih oborinskih voda (150-200 mg/l) ili sirovih komunalnih otpadnih voda (200-250 mg/l). (6)

BIOHEMIJSKA POTREBA ZA KISIKOM (BPK)

Povećanje BPK duž toka kroz protočne objekte akvakulture nije značajno u odnosu na sirove vode vodozahvata, a izlazne koncentracije su daleko niže od koncentracija sirovih komunalnih otpadnih voda npr., i zapravo su bliže koncentracijama tretiranih komunalnih otpadnih voda.

Literaturno, koncentracija BPK u izlaznim vodama akvakulture je od 8 do 10 mg/l, što je malo manje od koncentracije urbanih oborinskih voda, i znatno manje od koncentracije sirovih komunalnih otpadnih voda – 120-130 mg/l. Treba ukazati da je koncentracija BPK riblje hrane oko 300.000 mg/l, ribljih fekalija 55.000 mg/l a istaloženog mulja u bazenima akvakulture 3.000 mg/l, što su koncentracije koje se lošim pogonom i kontrolnom analizom mogu prepoznati u efluentu objekata. (6)

UKUPAN AZOT (TN)

Izraz kojim se objedinjavaju razne forme azotnih jedinjenja i, kao u prethodnim pokazateljima, koncentracije TN-a su manje od onih u urbanim oborinskim vodama ili u izlaznim tretiranim vodama komunalnih otpadnih voda. TN je u izlaznim vodama akvakultura oko 1 mg/l dok je u sirovim otpadnim vodama domaćinstava oko 60 mg/l a u istaloženom mulju u objektima akvakulture oko 800 mg/l. (6)

UKUPAN FOSFOR (TP)

Koncentracija fosfora u prirodnim vodotocima, resursima za objekte akvakulture, varira tokom vremena. Uočeno je da je doprinos objekata akvakulture, protočnih ili kafeznih sistema, tima varijacijama mali. Radi poređenja, koncentracije fosfora u efluentima objekata akvakultura iznose od 0,1 do 0,2 mg/l što približno odgovara koncentracijama oborinskih kanalizacionih voda u urbanim sredinama - 0,4 do 0,6 mg/l. Koncentracije fosfora u sirovim otpadnim vodama domaćinstava iznose

od 3-12 mg/l dok je mulj u bazenima akvakulture opterećen ovim zagađenjem sa oko 250 mg/l, a same riblje fekalije mogu imati i preko 1.000 mg/l fosfora, ovisno o vrsti ishrane. (6)

ODNOS UKUPAN AZOT/UKUPAN FOSFOR – TA/TP

Ovaj odnos je jedan od pokazatelja kvaliteta unijetog nutrijenta u vodno tijelo potencijalne trofičnosti. Literaturno, na osnovu praćenja kvaliteta efluenta akvakultura vode, uočen je prosječan odnos TN/TP - između 5 i 6. Za riječne vode je taj odnos oko 25, za urbane oborinske kanalizacije je oko 6, dok je za sediment eutrofičnih jezera oko 2,5. (6)

IZVORI PRITISAKA AKVAKULTURE NA KVALITET VODA

Negativni uticaj akvakulture na pripadajuće vodno tijelo, odnosno njegovo ekološko stanje, potiče od produkovanog otpada. Osnovni izvor otpada je proizvedena hrana čija upotreba je neophodna da bi se obezbjedila produkcija akvakulture koja je iznad prirodne.

Neurošena hrana sa visokim sadržajem organskog zagađenja, izraženo kao BPK, je prvi direktan izvor zagađenja voda. Ostalo zagađenje: mrtve i odbjegle ribe kao i riblje fekalije, u osnovi potiče od riblje hrane. U određenim situacijama u riblju hranu se dodaju farmaceutski dodaci radi zaštite zdrave populacije i sigurnog proizvoda, što takođe utiče na kvalitet voda putem uginulih jedinki ili fekalija.

Iz navedenog se nameće zaključak o prvim mogućim, preventivnim mjerama radi zaštite kvaliteta voda – efikasnije korištenje hrane, odnosno smanjenje nekonsumirane hrane koja utiče na kvalitet voda. Provedena istraživanja u SAD-u uglavnom za objekte salmonidnih kultura, ukazuju na gubitak od 5-10% za suhu hranu. Gubici pri kaveznom uzgoju su nešto veći – 15-20%, u nekim slučajevima i do 30%. (6) Preporuke, radi prevencije gubitaka hrane, su sljedeće:

- i. Riblja bio masa mora biti dobro poznata.
- ii. Stanje zdravlja ribe, odnosno sposobnost konzumiranja hrane, mora biti poznato.
- iii. Riba bi trebala biti uniformna po veličini i sposobna konzumirati hranu jednake veličine zrna.
- iv. Zdrobljena zrna hrane kao i prašinu treba otkloniti prije upotrebe a oprema za doziranje ne smije oštećivati zrna hrane.
- v. Hranjenje treba maksimalno prilagoditi konzumskim sposobnostima ribe.
- vi. Količinu hrane držati malo ispod maksimalno potrebne i konzumirane.

Korištenje hrane proizvedene od ribljeg mesa omogućava visokoproteinsku ishranu, međutim takva hrana daje više fosfora nego je potrebno. Srećom, većina viška fosfora iz nekonsumirane hrane ili iz ribljih fekalija, je u nerastvorljivom obliku te se taloži po dnu objekta akvakulture odakle je moguće u većini slučajeva ukloniti prije nego se ispusti u recipijent ili pređe u rastvorljiv oblik. Ipak je preporuka više koristiti ovakve vrste riblje hrane, u odnosu na onu koja kombinuje riblje meso i biljne sastojke, obzirom na manju produkciju fosfora (P) i azota (N). Primjerice, pastrmke trebaju od 0,55 do 0,7% raspoloživog fosfora u hrani, ovisno od veličine jedinke. Hrana za ovu vrstu obično sadrži duplo više fosfora nego što riba treba, a višak se obično izbaci urinom u rastvorljivom obliku, što je komplikovano ukloniti iz vode. (6)

Objekti akvakulture imaju uticaj i na hidromorfološko stanje voda, koje kao dopunski pokazatelj utiče na ekološko stanje odnosno ekološki potencijal pripadajućeg VT-a. Na odabranim pilot područjima VP Jadranskog mora, gdje se vršila ocjena hidromorfološkog stanja i pritiska, dva su tipa ribnjaka: (i) protočni, sa zahvatanjem voda iz vodnog tijela, ili (ii) u vidu kafeznog uzgoja, direktno pozicioniran u vodnom tijelu. Pri ocjeni ovog uticaja akvakulture korišteni su podaci i metodologija primjenjena u Planu upravljanja (1). Metodologija je zasnovana na normi EN 15843 koja uključuje procjenu i

kombinovanje određenih hidromorfoloških elemenata. (3) Kafezni uzgoj akvakultura u ovim vodnim tijelima, sudeći po obilježjima iz navedene EN norme, nema uticaj na hidromorfološko stanje. Protočni ribnjaci na vodnim tijelima pilot područja rijeka Buna i Ljuta utiču na hidromorfološko stanje po kategorijama „režim protoka“ i „uzdužna povezanost“. Uopšteno gledajući potrebne količine vode za akvakulturu, za određeni sliv ili pod-sliv, u uporedbi sa ostalim potrošačima: energetika, poljoprivreda, industrija pa i stanovništvo, nisu značajne ali jesu ako se posmatra količina zahvaćenih voda po jedinici proizvoda. Proticaj voda kroz objekte akvakulture je veličina koja nadilazi vrijednosti za ostale privredne jedinice, (uz značajnu sposobnost razrjeđenja zagađenja). Primjerice, produkcija salmonidnih vrsta treba od 200 do 225.000 m³ vode/t proizveden ribe. Kafezna proizvodnja treba još i više vode, od 2 do 2,5 miliona m³/t.

PRODUKCIJA TERETA ZAGAĐENJA OD AKVAKULTURA

Produkcija organskog zagađenja akvakulturom na regionalnom i nivou sliva nije značajna ako se poredi sa ostalim zagađivačima, ali jedinična lokalna zagađenja to mogu biti. Različiti izvori ukazuju na vrijednosti jediničnih zagađenja, npr.: (i) 0,45 kg fekalnog zagađenja po 1 kg proizvedene pastrmke, ili (ii) 510 kg taložive otpadne mase se proizvede u kafeznim ribnjacima na 1 tonu ribe. Istraživanja ukazuju sljedeće preporučene vrijednosti, izražene kao ukupno godišnje zagađenje po toni proizveden salmonidne ribe (kg/toni ribe/god) (6):

- i. 289-839 kg SM-suspendovanim materija,
- ii. 101-565 kg BPK5,
- iii. 47-87 kg azota, i
- iv. 4,8-18,7 kg fosfora.

Istaloženi otpad-đubrivo u objektima akvakulture, pri čemu se ne misli na kafezne uzgoje, ima mogućnost upotrebe u poljoprivredi ili hortikulturi. Ako takvih mogućnosti nema preostaju urbani uređaji za prečišćavanje otpadnih voda, odnosno pripadajuća linija tretmana mulja.

UTICAJ POSTOJEĆIH OBJEKATA AKVAKULTURE NA STANJE VODNIH TIJELA PILOT PODRUČJA

Uticaj postojećih objekata akvakulture na stanje vodnih tijela tzv. pilot područja, u granicama VP Jadranskog mora, je prikazan Studijom za akvakulturu na vodnom području Jadranskog mora (Studija). Istraživanja i analize, u okviru navedene Studije, su provedene na pet lokacija: (i) hidroakumulacija Salakovac, i (ii) hidroakumulacija Grabovica; (iii) rijeka Buna, i (iv) rijeka Ljuta; te (v) Neumski zaljev. Osnovni izvor podataka o vodnim tijelima pilot područja je Plan upravljanja Vodnim područjem Jadranskog mora na području Federacije BiH, (Plan upravljanja).

PRIKAZ PROCJENE STANJA I EKOLOŠKOG POTENCIJALA VODNIH TIJELA PILOT PODRUČJA PO PLANU UPRAVLJANJA

Stanje površinskih voda označava stanje vodnog tijela koje je određeno njegovim ekološkim ili hemijskim stanjem, uzimajući ono koje je lošije. Ekološko stanje podrazumjeva biološke i podržavajuće osnovne fizičko-hemijske pokazatelje kao i hidromorfologiju (5) (7). Promjene stanja, u odnosu na ona referentna, odnosno prirodna, odražavaju kumulativni antropogeni uticaj koji se procjenjuje na osnovu utvrđenih pritisaka i njima izazvanih opterećenja.

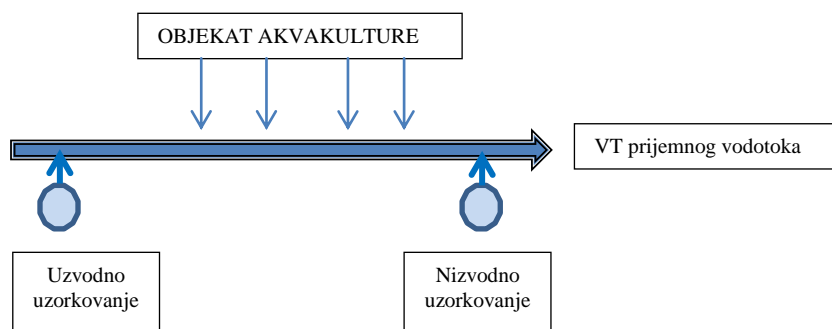
Procjena stanja vodnih tijela površinskih voda, koje su pilot pilot područja, je preuzeta iz Plana upravljanja i uz korekcije ukupne ocjene hidromorfološkog stanja vodnih tijela rijeka Bune i Ljute, je:

BA_NTRB_Buna_1 – dobro; BA_NTRB_Ljut2_1 – umjereno, (zbog hidromorfoloških pokazatelja), a priobalno VT BA_NTRB_NeuZ – dobro.

Vodna tijela BA_NTRB_Ner_4 i BA_NTRB_Ner_5 su Planom upravljanja proglašeni kao „jako izmijenjena vodna tijela“ (4) (7) zbog značajnih hidromorfoloških promjena kojima su izložena formiranim branama HE-a Grabovica i Salakovac. Obzirom se za ova vodna tijela ne mogu postavljati minimalni uslovi za stanje „dobar“, zbog ekonomski opravdanih hidromorfoloških promjena, postavljaju se nešto blaži uslovi izraženi kao „dobar ekološki potencijal“ (4) (7).

PROCJENA UTICAJA AKVAKULTURE NA POKAZATELJE STANJA I EKOLOŠKOG POTENCIJALA VT-A PILOT PODRUČJA NA OSNOVU PROVEDENOG MONITORINGA

Procjene uticaja objekata akvakulture su u navedenoj Studiji (5) rađene na osnovu rezultata monitoringa, provedenog u martu, junu, septembru i decembru 2015 godine. Osnovna ideja korištenja rezultata monitoringa je bila da se po mjenim parametrima fizičko-hemijskih elemenata kvaliteta voda, uzvodno i nizvodno od tačke uticaja na posmatranom vodnom tijelu-pilot području, dođe do razlike koja približno odgovara stvarnom uticaju objekta akvakulture u datom vremenu uzorkovanja. Na osnovu hidroloških podataka - vrijednosti pripadajućih srednjih mjesečnih proticaja, procijenjeni su tereti zagađenja (kg/mj.), kako je ilustrovano na narednoj slici.



Slika 1 Ilustrativni prikaz uzorkovanja po monitoringu iz 2015.

Mjereni parametri kvaliteta voda su: temperatura (T), pH vrijednost, suspendovane materije (SM), otopljeni kisik (O_2), BPK5, amonijak (NH_4), nitriti (NO_2^-), ukupni fosfor (P), spojevi fenola, hlorofil, te metali cink i bakar, kao i Sechi dubina (prozirnost) kod hidroakumulacija i u Neumskom zaljevu.

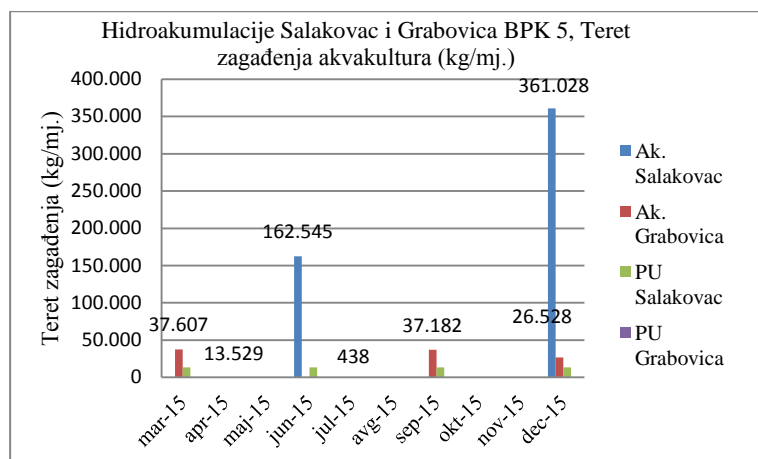
Za priobalne vode Neumskog zaljeva, odnosno „uzvodno“ i „nizvodno“ od objekta akvakulture, gledajući u smjeru kretanja morskih struja, analizirani su sljedeći parametri kvaliteta voda: temperatura (T), pH vrijednost, zasićenost kisikom (%), suspendovane materije (SM), obojenje nakon filtracije, slanoća (1/1000), naftni ugljikovodici, ukupni organohlorni pesticidi, hlorofil, Sechi dubina te teški metali u vodi: srebro, arsen, kadmij, hrom, bakar, živa, nikl, olovo i cink.

Pored analiza voda rađeno je uzorkovanje i analize sedimenta na sadržaj teških metala: hrom, bakar, živa i cink, (septembar 2015).

I konačno, rađene su analize nutrijenata mulja, (azot i fosfor), na lokacijama vodnih tijela pilot područja, uzvodno i nizvodno od objekata akvakulture. Uzorkovanje je rađeno u IX mjesecu 2015 godine za hidroakumulaciju Salakovac, odnosno u XI mjesecu za ostala vodna tijela.

Za slučajeve evidentiranja razlike koncentracija parametara zagađenja uzvodno-nizvodno (mg/l), razlika je, na osnovu vrijednosti srednjeg mjesečnog proticaja za vrijeme uzorkovanja (Qsr.mj.), konvertovana u «teret zagađenja» (kg/mj.), koji se u određenom dijelu može pripisati uticaju objekta akvakulture.

U nastavku se daju ilustrativni prikazi tereta zagađenja objekata akvakulture sa poređenjem sa rezultatima po Planu upravljanja (PU), po određenim parametrima (5).

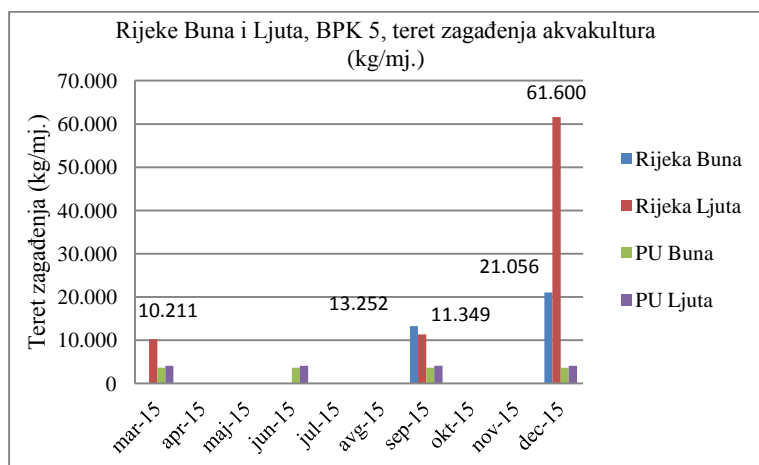


Slika 2 Prikaz tereta zagađenja akvakulture na hidroakumulacije Salakovac i Grabovica

Tabela 1 Prikaz rezultata analize sedimenta hidroakumulacija Salakovac i Grabovica

Lokacija uzorkovanja	Mjereni parametri sedimenta				Nutrijenti u mulju	
	Hrom	Bakar	Živa	Cink	Azot N	Fosfor P
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Vrijeme uzorkovanja:	III/2015	VI/2015	IX/2015	XII/2015	IX/2015	IX/2015
Drežnica uzvodno:					0,119	687
Salakovac uzvodno:	52,36	25,21	0,07	113,99	0,129	806
Salakovac nizvodno:	60,23	21,11	0,06	138,71	0,177	1.309
Razlika:	7,87			24,72	0,048	503
Vrijeme uzorkovanja:	IX/2015	IX/2015	IX/2015	IX/2015	XI/2015	XI/2015
Grabovica uzvodno:	48,57	25,90	0,04	115,57	0,278	503,8
Grabovica nizvodno:	49,66	20,99	0,03	86,74	0,079	456
Razlika:	1,09					

Značajan je podatak i pokazatelj povećanje koncentracije fosfora u mulju dna hidroakumulacije Salakovac od 503 mg/kg što ukazuje na dugotrajan proces izraženog zagađenja od objekta akvakulture koji se analizama voda ne može tako precizno detektovati. Nizvodna koncentracija fosfora u mulju dna iste hidroakumulacije od 1.309 mg/kg nadilazi koncentracije fosfora u dnu betonskih objekata akvakulture, koje su oko 350 mg/kg. Kako se uzorkovanje mulja, u okviru ovih analiza, obavljalo samo u blizini akvakulture ne može se sa sigurnošću reći kakva je situacija u drugim dijelovima hidroakumulacije ali se podatak o koncentraciji fosfora u mulju može posmatrati kao ograničavajući po pitanju daljeg razvoja i povećanja uzgoja.



Slika 3 Prikaz tereta zagađenja akvakulture na VT-a Bune i Ljute

Tabela 2 Prikaz rezultata analize sedimenta-mulja VT-a rijeka Bune i Ljute

Lokacija uzorkovanja	Mjereni parametri sedimenta				Nutrijenti u mulju	
	Hrom	Bakar	Živa	Cink	Azot N	Fosfor P
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Vrijeme uzorkovanja:	IX/2015	IX/2015	IX/2015	IX/2015	XI/2015	XI/2015
Buna uzvodno:	13,66	12,42	0,03	39,94	0,035	177,80
Buna nizvodno:	22,20	8,37	0,02	15,31	0,079	357,70
Razlika:	8,54				0,044	179,90
Vrijeme uzorkovanja:	IX/2015	IX/2015	IX/2015	IX/2015	XI/2015	XI/2015
Ljuta uzvodno:	5,56	7,24	0,01	23,95	0,066	0,243
Ljuta nizvodno:	2,25	2,01	0,02	31,34	53,90	632,00
Razlika:			0,01	7,39	53,83	631,76

Naprijed prikazani rezultati koncentracija nutrijenata u riječnim muljevima Bune i Ljute su možda bolji pokazatelji zagađenja od objekata akvakulture od analiza voda kojima se ne mogu detektovati vrhovi zagađenja. Koncentracije fosfora u mulju od 358 ili čak od 632 mg/kg u slučaju rijeke Ljute, uz koncentraciju azota od 53,9 mg/kg, ukazuju na dugotrajno zagađivanje, (koje dijelom vjerovatno potiče i od čišćenja mulja iz betonskih bazena akvakulture), koje se može shvatiti kao granično po pitanju povećanja kapaciteta akvakultura na ovom vodnom tijelu.

Za priobalne vode Neumskog zaljeva, analizama kvaliteta voda iz III, VI, IX i XII mjeseca 2015, na lokacijama ispred i iza objekta akvakulture, gledajući u smjeru kretanja morske struje, za parametar hlorofil je u III mjesecu uočena koncentracija od 4,18 µg/l, veća od propisane za stanje „dobar“, (1,13-1,66 µg/l). U ostalim analizama nisu uočene koncentracije veće od propisanih za stanje dobar ovog vodnog tijela priobalnih voda.

Slično kao i u prethodnim slučajevima analize sedimenta na sadržaj teških metala iz IX mjeseca 2015, po različitim lokacijama u odnosu na objekat akvakulture, ukazuju na uticaj ovog objekta koji se izražava u povećanju koncentracija arsena, hroma, bakra, nikla i cinka. Ove razlike su posebno izražene za hrom, bakar i cink. Takođe su uočene razlike u koncentracijama nutrijenata azota i fosfora po analizama iz XI mjeseca 2015. Slično kao u slučajevima hidroakumulacije Salakovac, pa i tekućica

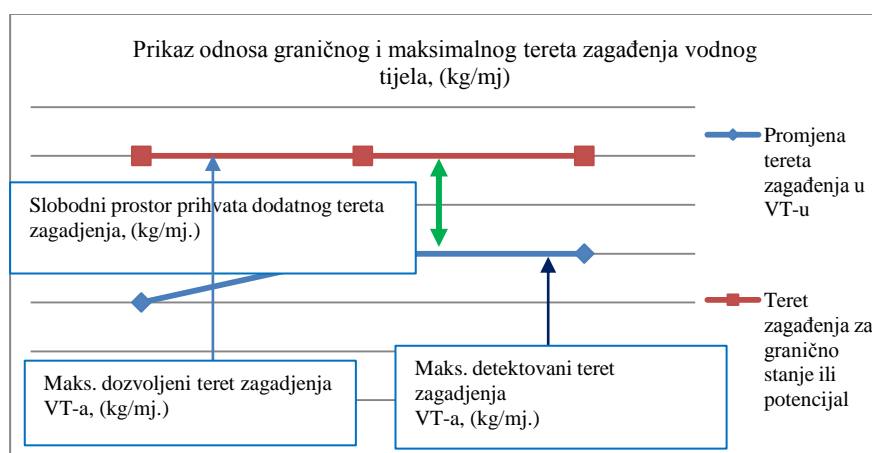
Bune i Ljute, visoke koncentracije fosfora (500-600 mg/kg uzorka mulja iz morskog dna) govore o dugotrajnim zagađenjima od objekta akvakulture.

PROIZVODNE MOGUĆNOSTI AKVAKULTURE U GRANICAMA DOBROG STANJA VODNIH TIJELA PILOT PODRUČJA

Jedan od osnovnih rezultata Studije je da se na osnovu rezultata provedenog monitoringa i analize pritisaka na pilot VT-a dobiju podaci o količinama, odnosno proizvodnji akvakulture koja će biti prihvatljiva da VT-o ostane u granicama dobrog statusa ili dobrog ekološkog potencijala (5).

Po rezultatima monitoringa, u slučajevima gdje je evidentirana maksimalna razlika u koncentracijama parametara zagađenja „nizvodno – uzvodno“, ta je razlika stavljena u odnos pripadajućeg srednjeg mjesečnog proticaja (Qsr.mj.), kako bi se dobio teret zagađenja (kg/mj.) koji dominantno pripada uticaju akvakulture. Analogno, za maksimalno uočenu nizvodnu koncentraciju dobija se maksimalni ukupni teret zagađenja, (kg/mj).

Ukupni, dozvoljeni teret zagađenja, za svako vodno tijelo, je Studijom određen po pokazateljima BPK5 i ukupni P, (kg/mj) stavljajući u odnos 70% gornje granice koncentracija ovih parametara propisane za stanje dobar (ili dobar ekološki potencijal) i proticaj pri pojavi maksimalnog zagađenja (pripadajući Qsr.mj.). Razlika između maksimalno dozvoljenog tereta zagađenja, (kg/mj), i maksimalnog ukupnog tereta zagađenja, daje slobodni prostor kojeg posmatrano vodno tijelo može prihvatiti a da još uvijek ostaje u dobrom ekološkom stanju. Ilustracija ovog pristupa proračunu se daje u nastavku. (5)



Slika 4 Ilustracija odnosa graničnog i maksimalno detektovanog tereta zagađenja pilot VT-a

Taj slobodni prostor, ako se uopšte i dobije, predstavlja mogući dodatni teret zagađenja po VT-u unutar kojeg se može planirati i uticaj objekata akvakulture. Vrijednosti dozvoljenih, dodatnih tereta zagađenja su stavljani u odnos procentualnog udjela objekata tereta zagađenja u ukupnom, (po Planu upravljanja), i u odnose jediničnih tereta zagađenja za parametre: BPK5 – $q=560$ kg/t, god, odnosno 46,7 kg/t,mj; i za uk.P – $q=18$ kg/t, god., odnosno 1,5 kg/t,mj. Dobiveni rezultati predstavljaju mogućnosti dodatnog razvoja kapaciteta objekata akvakulture po vodnim tijelima.

Za navedena pilot VT-a na VP Jadranskog mora jedino bi rijeka Buna mogla prihvatiti dodatne kapacitete-pritiske objekata akvakulture, kako se vidi po tabelarnom prikazu provedenih proračuna u nastavku.

Tabela 3 Prikaz proračuna mogućih dodatnih kapaciteta objekata akvakulture za VT rijeke Bune

Vodno tijelo	Tip	Opis VT-a	Stavka obrade:	Parametri kvaliteta voda					Pripadajući proticaj Qsr.mj. (m ³ /s) po parametrima:	
				Ot. kisik (mgO ₂ /l)	BPK5 (mgO ₂ /l)	Amonijak (mgN/l)	Uk. N (mgN/l)	Uk. fosfor P (mgP/l)	BPK5	uk.P
BA_NTRB_Buna_1	12a	Rijeka Buna	Granične vrijednosti za "dobar ekološki potencijal" (mg/l)	7,5 - 6,5	2,0 - 3,0	0,10 - 0,25	1,5 - 3,0	0,10 - 0,25	15,99	15,99
			Maksimalno uočena koncentracija zagađenja uz objekte akvakulture po monitoringu iz 2015 (mg/l)		2,04			0,052		
			Dozvoljeni teret zagađenja za pripadajući Qsr.mj. proticaj, (kg/mj.)		87.037			3.730		
			Teret zagađenja za maksimalno uočenu konc. zagađenja, (kg/mj.), za pripadajući Qsr.mj.		84.550			2.155		
			Slobodni kapacitet VT-a (kg/mj.)		2.487			1.575		
			Specifično zagađenje od akvakulture (kg/t,mj.)		46,67			1,50		
			Udio zagađenja od akvakulture u ukupnom teretu, (po PUVU)		0,29			0,06		
			Okvirne mogućnost dodatne proizvodnje akvakulture (t/mj.) po pokazateljima BPK i P		16			63		

Po slobodnim kapacitetima vodnog tijela rijeke Bune i pri pretpostavci da bi udio objekata akvakulture u tim kapacitetima bio 29% za teret zagađenja od BPK5, odnosno 6% za uk.P, okvirne mogućnosti dodatnih kapaciteta su prosječno 16 t/mj.

Provedeni proračun za hidroakumulaciju Salakovac je pokazao da po mjeranim pokazateljima kvaliteta voda, BPK5 i uk.P, iz III, VI, IX i XII mjeseca 2015 godine, nema mogućnosti daljeg razvoja kapaciteta objekata akvakulture.

Ni hidroakumulacija Grabovica nema slobodnih kapaciteta za nove terete zagađenja od objekata akvakulture. Ograničavajući pokazatelj je maksimalno uočena koncentracija BPK5 iz IX mjeseca 2015 godine. Pojava visokih koncentracija organskog zagađenja je uočavana i ranijim monitorinzima ove hidroakumulacije. U 2011 godini, u XI mjesecu izmjerena je maksimalna koncentracija od 2,74 mg BPK5/l (prosjeck mjerena u toj godini je bio 1,78 mg BPK5/l). U 2010 godini maksimalna koncentracija je bila u X mjesecu – 2,08 mgBPK5/l, dok je prosječna te godine iznosila 1,42 mg BPK5/l. Monitoringom iz 2010 i 2011 godini su uočene i veće maksimalne koncentracije fosfora u vodama hidroakumulacije – 0,049 i 0,070 mgP/l, od onih iz 2015 godine.

VT rijeke Ljute nema slobodnih kapaciteta prihvata zagađenja. Granični pokazatelj je BPK5, odnosno maksimalno uočena koncentracija ovog pokazatelja organskog zagađenja od 3,84 mg/l, zabilježena monitoringom iz XII mjeseca 2015. Obzirom na tip vodotoka, položaj i veličinu ostalih izvora zagađenja nema sumnje da zabilježena koncentracija BPK potiče od objekta akvakulture, tim više što je na lokaciji „uzvodno“ detektovana vrijednost od 0,58 mg/l. Obzirom je tako visoka koncentracija pokazatelja organskog zagađenja izmjerena samo jednom, te da se vrijednosti po monitorinzima u III, VI i IX mjesecu kreću od 0,9 do 1,9 mg/l, može se zaključiti da je rezultat incidentnog zagađenja (čišćenje bazena, ili sl.). (Po redovnom monitoringu voda rijeke Ljute iz IX 2011 godine koncentracija BPK5 je bila 0,5 mg/l a fosfora 0,022 mg/l) . Situacija se ne mijenja značajno ni ukoliko bi se za maksimalno uočenu koncentraciju BPK5 uzela vrijednost od 1,99 mg/l, (IX 2015).

Za priobalno pilot VT-o Neumskog zaljeva poređenje sa dozvoljenim graničnim vrijednostima za stanje „dobar“ je moguće za parametar hlorofil (µg/l). Prekoračenje gornje granične vrijednosti od 1,66 µg/l je uočeno u III mjesecu 2015 godine na izlaznoj lokaciji od objekta akvakulture – 4,18 µg/l, (na ulazu je izmjereno 0,8 µg/l). Rezultati ostalih analiza voda po ovom parametru iz VI, IX i XII mjeseca nisu prelazili granice vrijednosti, čak su bili znatno ispod. Ako se posmatraju rezultati analiza uzoraka morskog dna na sadržaj teških metala slika postaje drugačija u odnosu na pokazatelje kvaliteta voda. Vidljivo je značajno povećanje koncentracija (ispred-iza), vjerovatno kao rezultat djelovanja

objekta akvakulture a slična je situacija i sa nutrijentima azotom i fosforom u morskom dnu. Obzirom da nema propisanih graničnih vrijednosti koncentracija teških metala i nutrijenata u morskom dnu po ovim se pokazateljima i ne mogu procijeniti eventualni dodatni kapaciteti objekta akvakulture.

SPISAK LITERATURE

1. AVP Jadranskog mora, Mostar: Plan upravljanja vodama za vodno područje Jadranskog mora na području Federacije BiH, (nacrt), 2016.
2. Hamzić A. Akvakultura u Bosni i Hercegovini, Sarajevo, 2003.
3. Evropske norme EN br.15843: Metodologija procjene hidromorfološkog stanja voda.
4. JUVF: Okvirna Direktiva EU o vodama, 2005.
5. Prirodno matematički fakultet Sarajevo: Studija za akvakulturu na vodnom području Jadranskog mora, 2016.
6. S.E.Yeo, F.P.Binkowski, J.E.Morris: Aquaculture Effluents and Waste By-Products, 2004.
7. Sl. Novine Federacije BiH br.70: Zakon o vodama Federacije BiH, 2006.