

EUTROFIKACIJA I EKOSISTEMSKE USLUGE AKUMULACIJE ZOBNATICA

Branislav LELEŠ¹ i Tijana NIKOLIĆ²,

¹Istraživač realizator projekta, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, e-mail: branislav2412@gmail.com

²Istraživač saradnik, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad

REZIME

Vode akumulacija u poljoprivrednim slivnim područjima podložne su nakupljanju azotnih i fosfornih jedinjenja, uslovljavajući pojavu i/ili intenziviranje procesa eutrofikacije, koji vodi ka smanjenju kvaliteta vode, njenoj ograničenoj upotrebi i gubitku ekosistemskih usluga. Akumulacija Zobnatica, koja pruža brojne ekosistemske usluge vlažnih i vodenih staništa, nalazi se pod pritiskom unosa azotnih i fosfornih jedinjenja jer na slivu ne postoje upravljačke mere koje bi kontrolisale priliv otpadnih voda. Prosečna vrednost BPK₅ u prvoj deceniji XXI veka odgovara III a prosečna vrednost indeksa saprobnosti II klasi ekološkog potencijala, sa tendencijom konstantnog povećavanja vrednosti oba parametra. Prosečna vrednost ukupnog azota pripada I klasi kvaliteta prema GV zagađujućih materija u površinskim vodama i II klasi MDK za makronutrijente. Na osnovu prosečne vrednosti ukupnog fosfora, koja se nalazi na granici II i III klase ekološkog potencijala a pripada V klasi MDK za makronutrijente, stanje akumulacije Zobnatica ocenjeno je kao eutrofno. Prisutan je intenzivan razvoj emerznih makrofita koji može dovesti do zabarivanja, stoga je potrebno kontinuirano pratiti promene u ekosistemu akumulacije i pravovremeno preduzimati mere zaštite, kako bi se omogućilo dalje korišćenje ekosistemskih usluga.

Cljučne reči: eutrofikacija, ekosistemske funkcije, ekosistemske usluge

1. UVOD

Eutrofikacija je biološki odgovor akvatičnog sistema na prekomerni unos nutrijenata koji rezultira brojnim negativnim efektima, vodeći ka pogoršanju kvaliteta vode i njenoj ograničenoj upotrebi. Eutrofikacija je proces koji smanjuje providnost vode, utiče na lance

ishrane, umanjuje bogatstvo biodiverziteta i vodi ka gubitku ekosistemskih usluga [1]. Gubitak ekosistemskih usluga podrazumeva da su struktura i procesi u sistemu izmenjeni (narušeni), pri čemu su njegove ekosistemske funkcije limitirane a obezbeđivanje usluga otežano. Najuočljivije posledice eutrofikacije su gubitak estetske i rekreativne vrednosti [2].

Vode akumulacija u poljoprivrednim slivnim područjima podložne su nakupljanju azotnih i fosfornih jedinjenja, što uslovljava pojavu i/ili intenziviranje procesa eutrofikacije a rezultira pogoršanjem ekoloških i hidrotehničkih karakteristika sistema, narušavanjem kvaliteta i umanjnjem upotrebne vrednosti vode [3;4]. Razumevanje i određivanje statusa i trenda eutrofikacije u akvatičnom sistemu omogućava adekvatno upravljanje sistemom radi obezbeđivanja zahtevanog kvaliteta vode. Za ocenu statusa eutrofikacije neophodno je definisati status kvaliteta vode, identifikovati trend eutrofikacije, definisati potencijalne uzroke trenutnog stanja i vrstu problema karakterističnih za određenu geografsku oblast [5]. U radu je dat pregled stanja procesa eutrofikacije i ekosistemskih funkcija i usluga u akumulaciji Zobnatica.

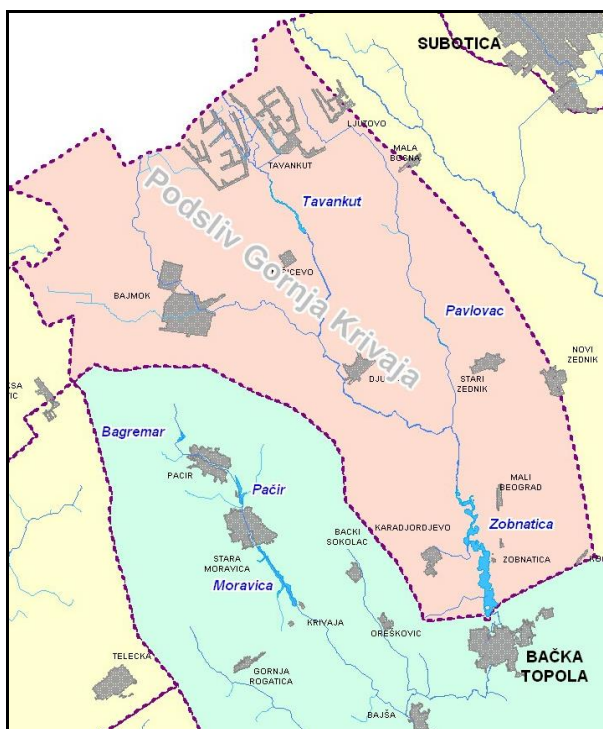
2. MATERIJAL I METOD RADA

Akumulaciono jezero Zobnatica kod Bačke Topole pripada podsliivu Gornja Krivaja (slika 1) i nalazi se u sredini u kojoj se odvija intenzivna poljoprivredna proizvodnja. Napajanje akumulacije najvećim delom vrši se iz rečice Krivaje, sa čijom vodom se u akumulaciju unose i hranljive materije kao što su azot i fosfor.

Utvrdjivanje statusa eutrofikacije akumulacionog jezera Zobnatica izvršeno je analizom vrednosti BPK₅, indeksa saprobnosti, ukupnog azota i ukupnog fosfora, korišćenjem podataka iz Hidroloških godišnjaka

Republičkog Hidrometeorološkog zavoda Srbije (za period od 2001. do 2010. godine) i Agencije za zaštitu životne sredine (za 2011. i 2012. godinu). Klasifikacija vode na osnovu prosečnih vrednosti BPK₅, indeksa saprobnosti i ukupnog fosfora urađena je u odnosu na klase ekološkog potencijala akumulacija prema Pravilniku o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda [6], a ukupnog azota prema Uredbi o graničnim vrednostima zagađujućih materija u površinskim i podzemnim vodama i sedimentu i rokovima za njihovo dostizanje [7].

Radi potpunije slike o statusu akumulacije po pitanju eutrofikacije, prosečne godišnje vrednosti ukupnog azota i ukupnog fosfora poređene su sa vrednostima Direktive EU o maksimalno dozvoljenim koncentracijama za makronutrijente [8], dok je ocena kvaliteta vode akumulacije Zobnatica sa aspekta opasnosti i razvijenosti procesa eutrofikacije doneta na osnovu graničnih vrednosti ukupnog fosfora za stepen eutrofikacije akvatorije američke Agencije za zaštitu životne sredine [9]. Statistička obrada podataka urađena je pomoću softverskog paketa Statistica 10.



Slika 1. Hidrografija podsliva Gornja Krivaja sa akumulacijom Zobnatica [10]

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

3.1. Prirodna, antropogena i interna eutrofikacija

Vodeni ekosistemi odlikuju se prisustvom organskih i neorganskih materija koje u njih dospevaju prirodnim ili veštačkim putem. Neorganska jedinjenja fosfora, azota i silicijuma rastvorena u vodi imaju važnu ulogu u procesima primarne proizvodnje organske materije i ograničavanju brzine ovih procesa. Prilikom primarne proizvodnje ugrađuju se u partikularnu fazu (plankton i detritus), odnosno u bentoske mikro i makro alge i uključuju u prehrambene lance. Njihovo kruženje u ekosistemu obnavlja se procesima regeneracije iz organske (N i P) i neorganske materije (Si) [11].

Eutrofikacija je **prirodni** proces koji se odlikuje postepenim povećanjem količine organske materije usled povećanja sadržaja azota, fosfora i drugih biogenih elemenata u vodi. Do određenog stepena eutrofikacija je sa stanovišta biološke produkcije voda koristan proces, jer umereno eutrofne vode imaju visok pokazatelj korisne bioprodukcije. Za razliku od prirodne, **antropogena** eutrofikacija može narušiti ekološku ravnotežu s veoma štetnim posledicama. Ispuštanjem neprečišćenih otpadnih voda i neadekvatnom upotrebom mineralnih đubriva dolazi do proizvodnje organske materije iznad „kapaciteta razgradnje“ ekosistema. Na razgradnju neiskorišćene organske materije troši se kiseonik, što dovodi do stvaranja anaerobnih uslova sa ozbiljnim posledicama za bentoske organizme [11]. Usled velike količine hranljivih supstanci primarni producenti kao što su fitoplankton i makrofitska vegetacija intenzivno se razvijaju, što za posledicu ima masovno razviće ostalih komponenti biocenozе (zooplanktona, nektona i organizama faune dna) [12]. Dolazi do promena u sastavu biocenoza zbog većeg udela vrsta manje korisnih za prehrambeni lanac, kao i do razmnožavanja vrsta čiji su metabolički proizvodi toksični. U uslovima visoke produktivnosti u sedimentu se akumuliraju organske materije koje se intenzivno razlažu, pri čemu se troši kiseonik. Razlaganjem organske materije u vodi oslobađaju se biogeni elementi, pa postoji rizik i od pojave **interne** ili sekundarne eutrofikacije.

3.2. Eutrofikacija stajaćih i sporotekućih voda

U stajaćim i sporotekućim vodenim ekosistemima eutrofikacija može biti veoma brza, a s obzirom na dugoročnost posledica, ubrzana eutrofikacija je jedan od najznačajnijih negativnih trendova u vezi sa kvalitetom vode i mogućnostima njene upotrebe.

Za akumulacije i plitka jezera karakteristično je prirodno stanje u kome dominira makrofitska vegetacija koja preuzimanjem azota i fosfora stvara uslove prividno blagog nutrijent stresa i supresuje ubrzani rast fitoplanktona, jer između fitoplantonskih algi i makrofita postoji određeni antagonizam koji se ogleda u kompeticiji za hranljive materije [12]. Dalje prekomeran priliv nutrijenata u vodeni ekosistem i njihovo ugrađivanje u makrofite može dovesti do interne eutrofikacije [13] ili pak voditi ka ubrzanom gubitku režima sa dominantnom makrofitskom vegetacijom, prelazeći iz ravnotežnog stanja bistre vode u stanje замуćene vode sa dominantnim fitoplanktonskim zajednicama [14].

Razvojem fitoplanktonske biomase dolazi do promene odnosa dominantnih vrsta planktona, gde najčešće dominiraju vrste koje zooplankton ne konzumira. Mnoge od ovih vrsta, posebno iz roda modro-zelenih algi (Cyanobacteria), luče endotoksine koji su opasni kako za živi svet akvatičnog sistema tako i za čoveka [15]. Osim promene kvaliteta vode menja se i sastav vrsta, pa se vrste prilagođene životu u čistoj vodi zamenjuju vrstama kojima odgovaraju novonastali uslovi. Pojava eutrofikacije stoga nije neka prosta promena vode, nego promena metabolizma čitavog ekosistema, a rezultat toga je promena i samog ekosistema [16].

3.3. Ekosistemske funkcije

Ekosistemske funkcije predstavljaju kapacitet prirodnih procesa i komponenti sistema za pružanje ekosistemskih usluga, kako bi se direktno ili indirektno zadovoljile čovekove potrebe [17]. Ekosistemske funkcije se mogu zamisliti kao skup sačinjen od podskupova ekoloških procesa i ekosistemskih komponenti. Svaka funkcija je rezultat prirodnih procesa ekološkog podskupa kome pripada, a prirodni procesi su rezultat kompleksnih interakcija abiotičkih i biotičkih ekosistemskih komponenti koje pokreće kruženje materije i energije [2]. Narušavanjem procesa i strukture nekog ekosistema remeti se funkcija koji isti ima u obezbeđivanju direktnog ili indirektnog korišćenja dobara i usluga.

Ekosistemske funkcije su grupisane u četiri osnovne kategorije [2]:

- 1) regulaciona funkcija*
- 2) funkcija staništa (habitata)*
- 3) proizvodna funkcija i

- 4) informativno-kulturna funkcija.

*Regulaciona funkcija i funkcija staništa uslovljavaju raspoloživost i održivost druge dve funkcije.

3.4. Ekosistemske usluge vlažnih i vodenih ekosistema koje proizilaze iz ekosistemskih funkcija

Ekosistemska dobra i usluge su stanja i procesi kroz koje ekosistemi i vrste koje ih sačinjavaju ispunjavaju ljudske potrebe [18]. Jedna ekosistemska usluga može biti rezultat jednog ili više procesa kao što jedan proces može rezultirati obezbeđivanjem više različitih usluga sistema [2]. Kako je biosfera limitiranog kapaciteta a sam kvalitet ekosistemskih usluga zavisi od funkcionalnosti ekosistema odnosno kapaciteta ekoloških procesa i komponenti, korišćenje određenih dobara i usluga koje ne dovodi u pitanje funkcionalnost procesa i komponenti ekosistema smatra se zadovoljavajućim kriterijumom ekonomičnosti i održivosti [19;20].

Konverzija prirodnih staništa u obradive površine i šumske monokulture dovela je do gubitka stanišnih tipova i izumiranja vrsta od nacionalnog i evropskog značaja za očuvanje biodiverziteta. Nestankom prirodnih vlažnih staništa, vrste naseljavaju veštačka staništa, tako da akumulacije i melioracioni kanali postaju ključni tipovi staništa za divlje vrste agrarnih područja i dobijaju ulogu koridora koji povezuju fragmentirane prostorne celine zaštićenih i strogo zaštićenih vrsta [21].

Iako vlažna staništa igraju ključnu ulogu u očuvanju biodiverziteta, većinom su ugrožena postojećim sistemom regulacije voda koji je nastao kao posledica razvojnih strategija iz prethodnih perioda [21]. Za održavanje zahtevanog kvaliteta vode u njima neophodno je razumevanje prirodnih i veštačkih uticaja koji su zajednički za sve namene korišćenja akumulirane vode, čime se omogućava adekvatno sagledavanje bioloških, fizičkih i hemijskih karakteristika sistema.

U akumulacijama i jezerima održavanje zahtevanog kvaliteta vode predstavlja aktivnost od primarnog značaja za direktno ili indirektno korišćenje brojnih ekosistemskih dobara i usluga, jer u zavisnosti od nivoa kvaliteta vode postoje i određeni limiti u njihovom korišćenju [5] (tabela 1):

Tabela 1. Limiti u korišćenju vode jezera i akumulacija u odnosu na namenu [5]

Polutanti	KORIŠĆENJE VODE (ekosistemske usluge)				
	Za piće	Živi svet, ribolov	Sport, sunča - nje, kupanje...	Navodnja - vanje	Industrijske potrebe
Patogeni	xx	0	xx	x	xx ¹
Suspendovane materije	xx	xx	xx	x	x
Organske materije	xx	x	xx	+	xx ¹
Alge	x ^{2,3}	x ⁴	xx	+	xx ¹
Nitrati	xx	x	na	+	xx ¹
Soli	xx	xx	na	xx	xx ¹
Organski mikropolutanti	xx	xx	x	x	?
Acidifikacija	x	xx	x	?	x

Legenda:

- xx - nemogućnost korišćenja za datu namenu
- x - manje pogoršanje kvaliteta za datu namenu
- 0 - nema uticaja
- na - nema podataka
- + - degradabilno stanje vode može biti korisno za datu namenu
- ? - efekti još uvek nisu utvrđeni

- ¹ - industrija hrane, elektronike ili tekstila
- ² - oštećuje filtere
- ³ - ukus, miris
- ⁴ - u ribnjacima veće količine algalne mase mogu biti prihvatljive

3.5. Ekosistemske funkcije i usluge akumulacije Zobnatica sa okolinom

Osnovna funkcija akumulacionog jezera Zobnatica je regulacija i akumulacija vode. Ostvarivanjem ove primarne funkcije akumulacije, mnoge funkcije su se multiplicirale i preuzele značajnu ulogu u održavanju harmonije između starih i novih činilaca izmenjenog predela [22]. Funkcijom regulacije i sakupljanja vode sa slivnog područja ostvaruju se usluge kao što su odvodnjavanje i korišćenje vode za navodnjavanje 500 ha poljoprivrednih površina. Ove usluge obezbeđuju zemljišni pokrivač i procesi kao što su filtracija vode, retencija vode i zadržavanje vode u podzemlju [2]. Kako bi se ove ekosistemske usluge mogle koristiti neophodno je održavanje odgovarajućeg kvaliteta vode i zemljišnog pokrivača, što podrazumeva i očuvanje biološkog diverziteta na ovom području [19].

Funkcija zemljišnog pokrivača i biološki procesi važni su i za uslugu održavanja mikroklimе [2]. Akumulacijom velike vodene mase predeo je dobio specifičnu mikroklimu, sa velikim postotkom vlage u

vazduhu i manjim kolebanjem temperature, čime je obezbeđeno stanište za brojne vrste različitih taksonomskih grupa (biljke, ptice, insekti, ribe) [22].

Održavanjem zemljišta i celog ekosistema u dobrom stanju obezbeđuje se njegova funkcija u regulaciji nutrijenata i funkcija kontrole otpadnih materija [2]. Regulacijom nutrijenata obezbeđuje se njihova dostupnost, koja je esencijalna za rast i postojanje živog sveta. Usluga kontrole polutanata i detoksikacije obezbeđuje se preko vegetacije i biote istraživanog ekosistema. Tako u akumulaciji Zobnatica najseverniji deo jezera služi za prečišćavanje prispele vode sa uzvodnog dela sliva reke Krivaje [23]. Ovom ulogom biološkog filtera u velikoj meri sprečava se prodor štetnih supstanci u južni deo jezera u kome je kvalitet vode uglavnom na odgovarajućem nivou u odnosu na potrebe njegovih korisnika.

Ekosistem akumulacije Zobnatica takođe ima funkciju biološke kontrole gde se putem lanaca ishrane omogućava zaštita od štetočina i bolesti [2;22]. Ova usluga je ostvariva ukoliko se ceo akvatični ekosistem

održava u dobrom stanju i ukoliko je bogatstvo biodiverziteta područja na odgovarajućem nivou.

Funkcijom staništa obezbeđuje se životni prostor za mnoge vrste biljaka i životinja i neophodno mesto za reprodukciju čime se održava biološka raznovrsnost koja omogućava funkcionisanje čitavog sistema, obezbeđujući brojne usluge od kojih su neke već pomenute [2;22]. Formiranjem akumulacije, uzvodno je došlo do spontane revitalizacije vlažnih staništa koja su gotovo nestala iz regiona nakon regulacija vodotoka [24]. Ovo ostrvo prirodnih staništa unutar agrarnog predela naseljeno je retkim vrstama vodozemaca, gmizavaca i sitnih sisara [21]. Prirodni ambijent zapadne obale jezera Zobnatica odgovara pticama selicama kao utočište na dugom putu selidbe, kao i raznim vrstama ptica močvarica koje ovaj lokalitet koriste za zaklon i mesto za gnežđenje, što ukazuje da je funkcijom staništa obezbeđena i usluga održavanja biološkog i genetičkog diverziteta [19]. Akumulaciono jezero sa okolinom je stanište i različitih vrsta životinja koje služe za aktivnosti kao što su lov, ribolov ili komercijalni uzgoj divljači [22], koje su opet deo informativno-kulturne funkcije.

Proizvodna funkcija ekosistema odnosi se na hranu, vodu, genetički materijal, medikamente i sirovine koje se obezbeđuju konverzijom solarne energije u biomasu. Na ovaj način obezbeđuje se razvoj ostalim organizmima, očuvanje genetičkog materijala i evolucija divljih vrsta biljaka i životinja [2]. Na Zobnatici se od formiranja akumulacije aktivno uzgaja riba, dok se prodajom trske dobijene sečom koja se redovno obavlja na godišnjem nivou omogućava da se konverzijom solarne energije u biomasu, biomasa koristi kao građa [25].

Informativno-kulturnom funkcijom obuhvaćene su sve sekundarne funkcije pomenute u Prostornom planu područja SO Bačka Topola [22], koje omogućavaju pružanje usluga kao što su: sport, rekreacija, formalna i neformalna edukacija, duhovni, istorijski i estetski doživljaj, ugostiteljstvo i turizam [2]. Akumulaciono jezero najviše se koristi za ribolov, a kako okolina jezera ima bogat biljni i životinjski svet, i lov je sve popularniji. Ergela i hipodrom čine centralni deo turističko-rekreativnog kompleksa, a sve više se razvija i izletnički turizam na obalama jezera, zajedno sa kupališnim i sportskim turizmom [22].

Namena vodnih sadržaja u neposrednoj je zavisnosti od namene priobalnih zona. Prostornim planom predviđeno je da se istočna obala akumulacije koristi za dinamične

rekreativne aktivnosti dok je zapadna predviđena za mirnije sadržaje [22]. Odvajanjem različitih sadržaja na istočnu i zapadnu obalu obezbeđuje se neometano funkcionisanje istih, čime je većina usluga koje proizilaze iz Informativno-kulturne funkcije akumulacije omogućena.

3.6. Kvalitet vode akumulacije Zobnatica

Akumulacija Zobnatica je okarakterisana kao sistem sa sporim procesom sukcesivnog zarastanja, pri čemu je trska sa 27,2% relativne biljne mase dominantna biljka [26], posebno na zapadnoj obali akumulacije koja je obrasla trskom u pojasu širine desetak metara (slika 2), a jak antropogeni uticaj uslovio je pojavu ambrozije i drugih korovskih i adventivnih vrsta u priobalju.

Kako je glavni snabdevač akumulacionog jezera vodom rečica Krivaja i kako se radi o agrarnom slivnom području, najznačajniji faktori koji doprinose eutrofikaciji akumulacije Zobnatica su jedinjenja azota i fosfora u vodi Krivaje koja potiču iz poljoprivrednih izvora - zastupljenost unosa azota i fosfora sa obradivih površina u ukupnom unosu u vodu akumulacije iznosi 53% za azot i 50% za fosfor [27]. Zbog nepostojanja kanalizacione mreže i postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda, uticaj na kvalitet vode ima i upuštanje komunalnih otpadnih voda u Krivaju uzvodno od akumulacije kao i određen broj potencijalnih neregistrovanih zagađivača na slivu, za koje ne postoje relevantni podaci o količinama i kvalitetu ispuštenih otpadnih voda.



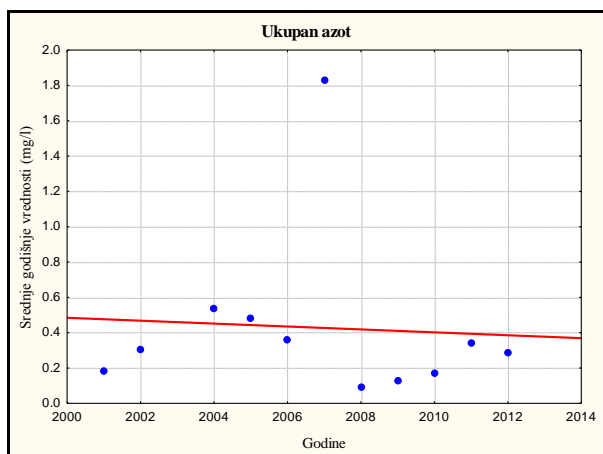
Slika 2. Akumulacija Zobnatica, deo zapadne obale [19]

Prosečne godišnje vrednosti BPK₅ u prethodnoj deceniji kretale su se između 5 i 6 mg/l što odgovara III klasi ekološkog potencijala za akumulacije formirane na vodotocima Panonske nizije, sa tendencijom postepenog

rasta usled intenziviranja bioloških procesa razgradnje organske materije i rasta primarne produkcije [19].

Indeks saprobnosti je u prvoj deceniji XXI veka u proseku imao vrednost 2,13, sa tendencijom konstantnog povećavanja prosečnih godišnjih vrednosti, što vodu akumulacije prema ekološkom potencijalu svrstava u II klasu i ukazuje da raste pritisak antropogenog organskog opterećenja [19].

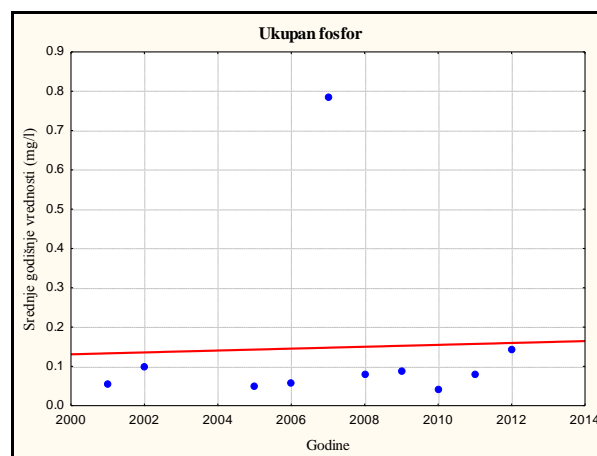
Prosečna vrednost ukupnog azota za period 2001-2012. godina iznosi 0,43 mg/l. Pripada I klasi kvaliteta kada se radi o graničnim vrednostima zagađujućih materija u površinskim vodama i II klasi prema Direktivi EU o maksimalno dozvoljenim koncentracijama za makronutrijente. Na osnovu prosečnog sadržaja ukupnog azota, stanje akumulacije Zobnatica je prema graničnim vrednostima za stepen eutrofikacije akvatorije američke Agencije za zaštitu životne sredine ocenjeno kao oligotrofno, odnosno sa malim stepenom opasnosti od eutrofikacije. Relativno niske vrednosti ukupnog azota u vodi rezultat su njegovog brzog usvajanja od strane uznapredovale makrofitske vegetacije. Kako rezultati regresione analize ukazuju da ne postoji statistički značajan trend opadanja koncentracija azota u vremenu (slika 3), može se pretpostaviti da će buduće stanje opterećenosti akumulacije azotom odgovarati analiziranom periodu.



Slika 3. Trend koncentracija ukupnog azota u vodi akumulacije Zobnatica (2001-2012. god.)

Prosečna vrednost ukupnog fosfora za period 2001-2012. godina iznosi 0,15 mg/l. Nalazi se na granici II i III klase ekološkog potencijala a prema Direktivi EU o maksimalno dozvoljenim koncentracijama za makronutrijente pripada V (najlošijoj) klasi. Na osnovu

graničnih vrednosti ukupnog fosfora za stepen eutrofikacije akvatorije američke Agencije za zaštitu životne sredine, stanje akumulacije Zobnatica ocenjeno je kao eutrofno, odnosno sa visokim stepenom opasnosti. Ovakvi rezultati upozoravaju da je sadržaj fosfora u vodi akumulacije dovoljan da izazove visoku biološku produkciju i ubrza eutrofikacione procese. Regresionom analizom utvrđeno je da ne postoji statistički značajan trend opadanja njegovih koncentracija (slika 4), pa se pretpostavlja da će u budućnosti opterećenost akumulacije Zobnatica fosforom odgovarati analiziranom periodu, što je nepovoljna činjenica kada je reč o smanjenju opasnosti od eutrofikacije.



Slika 4. Trend koncentracija ukupnog fosfora u vodi akumulacije Zobnatica (2001-2012. god.)

Rastom koncentracije ukupnog fosfora povećava se rizik od pojave hipertrofije. Iako se deo nutrijenata pristiglih u akumulaciju ugrađuje u tršćanu biomasu koja se mehanički uklanja iz sistema a deo akumulira u sedimentu i tako sistem odupire hipertrofiji, dalji intenzivan razvoj emerznih makrofita vremenom će dovesti do zabarivanja sistema, a njihova povremena seča i iznošenje neće moći još dugo da se odupiru pritisku [19].

4. ZAKLJUČAK

Vode akumulacija u poljoprivrednim slivnim područjima podložne su nakupljanju azotnih i fosfornih jedinjenja, što uslovljava pojavu i/ili intenziviranje procesa eutrofikacije, koji vodi ka smanjenju kvaliteta vode, njenoj ograničenoj upotrebi i gubitku ekosistemskih usluga. Osnovne ekosistemske usluge akumulacije Zobnatica su prihvatanje površinskih voda

sa odvodnjavanog područja i korišćenje vode za navodnjavanje. Da bi se ove i druge ekosistemske usluge vlažnih i vodenih ekosistema mogle koristiti, neophodno je praćenjem statusa i trenda eutrofikacije obezbediti zahtevani kvalitet vode.

Voda akumulacije Zobnatica nalazi se pod pritiskom unosa azotnih i fosfornih jedinjenja, a na slivu ne postoje upravljačke mere koje bi kontrolisale priliv otpadnih voda. Prosečna vrednost BPK₅ u vodi akumulacije u prvoj deceniji XXI veka odgovarala je III klasi, a prosečna vrednost indeksa saprobnosti II klasi ekološkog potencijala, sa tendencijom konstantnog povećavanja prosečnih godišnjih vrednosti oba parametra. Prosečna vrednost ukupnog azota pripada I klasi kvaliteta kada se radi o GV zagađujućih materija u površinskim vodama i II klasi MDK za makronutrijente. Prema prosečnoj vrednosti ukupnog fosfora koja se nalazi na granici II i III klase ekološkog potencijala i pripada V klasi MDK za makronutrijente, stanje akumulacije Zobnatica sa aspekta opasnosti i razvijenosti procesa eutrofikacije ocenjeno je kao eutrofnog. Ne postoji statistički značajan trend opadanja koncentracija ukupnog fosfora, što je nepovoljna činjenica kada je reč o smanjenju opasnosti od eutrofikacije.

Iako je unos nutrijenata iz Krivaje delimično ublažen zadržavanjem vode u severnom delu jezera, pored izgradnje sistema za prečišćavanje otpadnih voda uzvodno, akumulaciju Zobnatica potrebno je zaštititi i od oticajnih voda sa poljoprivrednog zemljišta. Dalji intenzivan razvoj emerznih makrofita uslovljen visokim nivoom ukupnog fosfora vremenom može dovesti do zabarivanja sistema, stoga je potrebno kontinuirano pratiti promene u ekosistemu akumulacije i pravovremeno preduzimati mere zaštite, kako bi se omogućilo dalje korišćenje ekosistemskih dobara i usluga shodno namenama za koje je akumulacija projektovana.

LITERATURA

- [1] Dodson, S. L., Arnott, S. E. and Cottingham, K. L. (2000): The relationship in lake communities between primary productivity and species richness, *Ecology*, 81, p. 2662-2679
- [2] De Groot, R.S. (2002): A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services; *SPECIAL ISSUE: The Dynamics and Value of Ecosystem Services, Integrating Economic and Ecological Perspective, Ecological economics*, 41, p. 393-408
- [3] Schindler, D.W. (1977): Evolution of phosphorus limitation in lakes: Natural mechanisms compensate for deficiencies of nitrogen and carbon in eutrophied lakes, *Science*, 195, p. 260-262
- [4] Gardner, W.S., McCarthy, M.J., Ann S., Sobolev, D., Sell, K.S. and Brock, D. (2006): Nitrogen fixation and dissimilatory nitrate reduction to ammonium (DNRA), support nitrogen dynamics in Texas estuaries, *Limnology and Oceanography*, 51(1) p. 558-568
- [5] UNESCO, UNEP and WHO (1996): *Water Quality Assessments – A Guide to Use Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*, Second Edition, 651 p., Published by E & FN Spon, an imprint of Chapman and Hall, University Press Cambridge
- [6] Pravilnik o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda, *Službeni glasnik Republike Srbije*, 74/2011
- [7] Uredba o graničnim vrednostima zagađujućih materija u površinskim i podzemnim vodama i sedimentu i rokovima za njihovo dostizanje, *Sl. glasnik Republike Srbije*, 50/2012
- [8] Council Directive 91/676/EEC (1991): Concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources, *Official Journal of the European Union*, L 375
- [9] US EPA (2000): *Nutrient Criteria Technical Guidance Manual – Rivers and Streams*, 253 p., EPA-822-B-00-002
- [10] Srđević, B., Blagojević, B., Srđević, Z. (2010): *Izrada simulaciono-optimizacionog modela za alokaciju vode i participativnog modela odlučivanja o višekorisničkoj eksploataciji vodnih resursa slivnog područja reke Krivaja*, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad
- [11] Aćimović, S. (2011): *Opasnost od eutrofikacije voda akumulacije Zobnatica i vodotoka Krivaja*, diplomski rad, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad
- [12] Ozimek, T., Gulati, R.D., and van Donk, E. (1990): Can macrophytes be useful in the biomanipulation of lakes?, *The Lake Zwemlust example, Hydrobiologia*, 200-201, p. 399-407

- [13] Van Nes, E.H., Rip, W.J. and Sheffer, M. (2007): A Theory for cycling shifts between alternative states in shallow lakes, *Ecosystems*, 10, p. 17-27
- [14] Scheffer, M. and Carpenter, S.R. (2003): Catastrophic regime shifts in ecosystems: linking theory to observation, *Trends in Ecological Evolution*, 12, p. 648-656
- [15] Schindler, D.W., Hecky, R.E., Findlay, D.L., Stainton, M.P., Parker, B.R., Paterson, M.J., Beaty, K.G., Lyng, M. and Kasian, S.E.M. (2008): Eutrophication of lakes cannot be controlled by reducing nitrogen input: Results of a 37-year whole-ecosystem experiment, *PNAS*, Vol. 105, No. 32
- [16] Bogdanović, D. (2006): Uloga fosfora u eutrofikaciji, *Zbornik Matice srpske za prirodne nauke*, No. 110, str. 75-86, Novi Sad
- [17] De Groot, R.S.: *Functions of Nature: Evaluation of Nature in environmental Planning, Management and Decision Making*, 315 p., Walters-Noordhoff, Groningen, 1992.
- [18] Daily, G.C.: *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*, 392 p., Island Press, Washington, DC, 1997.
- [19] Nikolić, T.: *Eutrofikacija u akumulaciji Zobnatica i primena mokrih polja na slivu u cilju zaštite voda*, master rad, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 2012.
- [20] *Millennium Ecosystem Assessment*, United Nation General Secretariat, 2005.
- [21] Szabados, K., Bošnjak, T., Tucakov, M., Kicošev, V. (2011): Kanali hidrosistema u Vojvodini kao potencijalni ekološki koridori, "Melioracije 11", zbornik radova, str. 207-214, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad
- [22] Prostorni plan područja sa posebnom namenom za okolinu akumulacionog jezera na Krivaji kod Zobnatice, DOM Urbanističko i projektno preduzeće, Bačka Topola, 1977
- [23] Investiciono-tehnička dokumentacija zalivnog Sistema Zobnatica, Hidrozavod DTD, Novi Sad, 1980
- [24] www.srbija.travel/priroda/parkovi-prirode/
- [25] Nepublikovan materijal: Vodoprivredno preduzeće DTD - Krivaja, Bačka Topola
- [26] Igić, R., Vukov, D. (2003): Akvatične makrofite u akumulacijama ravničarskog tipa, u: *Hidroakumulacije – multidisciplinarni pristup održivom razvoju*, monografija, str. 204-210, PMF Novi Sad, Ministarstvo za zaštitu prirodnih bogatstava i životne sredine, Zavod za zaštitu zdravlja "Timok" Zajčar, JVP "Srbijavode" i JVP "Vode Vojvodine", Novi Sad
- [27] Leleš, B. (2014): *Rasuto zagađenje iz poljoprivrede i kvalitet površinskih voda*, doktorska disertacija, ACIMSI, Novi Sad

EUTROPHICATION AND ECOSYSTEM SERVICES OF ZOBNATICA RESERVOIR

by

Branislav LELEŠ¹ and Tijana NIKOLIĆ²,¹Researcher implementer of project, Faculty of Agriculture, University of Novi Sad, e-mail: branislav2412@gmail.com²Research assistant, Faculty of Sciences, University of Novi Sad

Summary

Water features within agricultural watersheds are substitute to nitrogen and phosphorus accumulation, initiated or accelerated eutrophication processes which inevitable lead to lower water quality, restricted water use and loss of ecosystem services. Zobnatica reservoir is in permanent contact with surrounding wetland area and provide many valuable ecosystem services. Management strategies for controlling nitrogen and phosphorus contamination from surrounding agricultural area is scarce. Average BOD in first decade of XXI century is in III class and average saprobic index is in II class of ecological potential, with tendency to reach higher values for both parameters. Average value of total nitrogen is in I class of water quality classes for contaminants in surface water bodies and class II for

maximum permissible values for macro nutrients. According to total phosphorus average values, which are between II and III class of ecological potential and even V class for maximum permissible values for macro nutrients, Zobnatica reservoir water is eutrophic. Zobnatica reservoir is characterise with intensive development of macrophytic vegetation and according to total phosphorus concentration level with promoted eutrophication processes. This short analysis reveal that improvement of management strategies should be an asset in days to come.

Keywords: eutrophication, ecosystem function, ecosystem services

Redigovano 18.11.2015.