

**ЈУГОСЛОВЕНСКО ДРУШТВО  
ЗА ВИСОКЕ БРАНЕ**

**JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO  
ZA VISOKE BRANE**



**ДРУГИ КОНГРЕС**

**ЗБОРНИК РАДОВА**

**КЊИГА 1**

**ТЕМЕ 1, 2, 3, 5 и 6**

**КЛАДОВО 2003.**

71, 199, 497,

CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна библиотека Србије, Београд

627.8(082)

502.17:627.8(802)

ЈУГОСЛОВЕНСКО друштво за високе бране.

Конгрес (2 ; 2003 ; Кладово)

Зборник радова. Књ. 1, Теме 1, 2, 3, 5 и 6 / Југословенско  
друштво за високе бране, Други конгрес, Кладово, 07-10  
октобар 2003. - Београд : Jugoslovensko društvo za visoke  
brane, 2003 (Beograd : Energoprojekt InGraf). - IV, 356, [3] str.  
: ilustr. ; 29 cm

Ćir. i lat. - Tiraž 300. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.  
- Registar.

ISBN 86-84787-01-3 (knj. 1)

ISBN 86-84787-00-5 (niz)

а) Бране - Зборници б) Бране - Животна средина -  
Зборници

COBISS.SR-ID 108984332



- Издавач:** Југословенско друштво за високе бране (ЈДВБ)  
Секретаријат: Енергопројект Хидроинжењеринг а.д.  
Булевар Михајла Пупина 12, 11070 Нови Београд  
☎ (011) 311-28-85; 311-44-91; fax. (011) 311-19-79;  
e-mail: ehidro@Eunet.yu
- За издавача:** Александар Божовић, председник ЈДВБ
- Гл. и одговорни уредник:** Драган Гојгић, секретар ЈДВБ
- Прелом слога:** Аутори
- Припрема за штампу:** Секретаријат ЈДВБ
- Штампа публикације,  
дизајн и продукција CD-а:** Енергопројект Инграф, Бул. Михајла Пупина 12, Београд
- Тираж:** 300 примерака
- 

### **Организациони Одбор Конгреса**

- Братимир Катић (*председник*)- ЕПС ЈП "Ђердап" – Београд
- Раденко Пејовић (*потпредс.*)- Грађевински факултет Универзитета Црне Горе – Подгорица
- Велько Марковић - Грађевински факултет Ниш
- Петар Стевановић - ГП Хидротехника–Хидроенергетика а.д.- Београд
- Ксенија Неимаревић - ГП Хидротехника–Хидроенергетика а.д.- Београд
- Дејан Дивац - Институт за водопривреду "Јарослав Черни" - Београд
- Снежана Водоплав - Енергопројект Нискоградња а.д., Београд
- Братислав Стишовић - Енергопројект Хидроинжењеринг а.д., Београд
- Драган Шурбатовић - Електропривреда Црне Горе АД Никшић
- Олга Радуловић - Електропривреда Црне Горе АД Никшић
- Слободан Јовановић - ЈП "Србијаводе"- Регионални центар Ниш
- Живко Николић - ЕПС ЈП "Дринске ХЕ" - Бајина Башта
- Станислав Вукосављевић - ЕПС ЈП "Лимске ХЕ" - Нова Варош
- Србислав Миљковић - ЕПС ЈП "Ђердап" - Ђердап 1 - Кладово
- Драган Мијушковић - ЕПС ЈП "Ђердап" - Ђердап 2 - Неготин
- Предраг Радосављевић - ЕПС ЈП "Ђердап" - Београд
- Војислав Пајић - ЕПС ХЕ "Електроморава" - Чачак
- Александар Божовић - председник ЈДВБ
- Драган Гојгић - секретар ЈДВБ

### **Редакциони Одбор Конгреса**

- Игњат Туцовић (*председник*) - Енергопројект Хидроинжењеринг а.д. - Београд
- Бранислав Ђорђевић - Грађевински факултет Београд
- Љубодраг Савић - Грађевински факултет Београд
- Јелисавета Мушкатиновић - Институт за водопривреду "Јарослав Черни" - Београд
- Срђан Вујадиновић - Електропривреда Црне Горе АД Никшић
- Вицко Летица - Енергопројект Хидроинжењеринг а.д. - Београд
- Живодар Ерчић - Енергопројект Хидроинжењеринг а.д. - Београд
- Љубомир Вајда - Енергопројект Хидроинжењеринг а.д. - Београд



## PRAĆENJE I MODELIRANJE KVALITETA U CILJU ZAŠTITE AKUMULACIJA OD EUTROFIKACIJE

**dr Tina Dašić i prof. dr Branislav Đorđević**

Građevinski fakultet, Beograd

### REZIME

*Kvalitet vode jedna je od najvažnijih karakteristika akumulacije, o kojoj se mora voditi računa u svim fazama projektovanja i eksploatacije sistema. Procesi koji se odvijaju u vodenim ekosistemima su složeni, a zavise od različitih abiotičkih i biotičkih uticaja, njihove međusobne veze i veze sa okruženjem. Da bi se tako složeni procesi mogli pratiti neophodno je formiranje kompleksnih matematičkih modela, kojima se simultano modeliraju svi relevantni segmenti ove složene problematike. Osnovni smisao tih simulacija je da se iznađu mere zaštite voda kojima se stanje kvaliteta akumulacije održava u nekim zahtevanim granicama. U radu je prikazan model WASP-GFBG, koji pored abiotičkih komponenti obuhvata i ključne biotičke komponente kvaliteta vode u jezerima.*

**Ključne reči:** akumulacije, kvalitet vode, matematički modeli, ekosistem, biotop, biocenoze, sukcesije

### UVOD

Kvalitet vode u veštačkim jezerima je ključna njihova odlika, i menja se tokom vremena. Zato se često govori o procesu starenja akumulacija, o čemu se mora voditi računa u svim fazama projektovanja i eksploatacije sistema, kako bi se ti procesi držali pod kontrolom. Pored ekološkog i estetskog uticaja na okruženje, koje akvatorija sa najvišim kvalitetom vode oplemenjuje, ili degradira - ukoliko se procesi eutrofikacije otrgnu kontroli, kvalitet vode utiče i na namenu akumulacije. Tako na primer, nekontrolisani razvoj fitoplanktona i algi stvara ozbiljne probleme na postrojenjima za prečišćavanje vode, a nepovoljno deluje i u slučajevima kada se akumulacije koriste za rekreaciju i turizam.

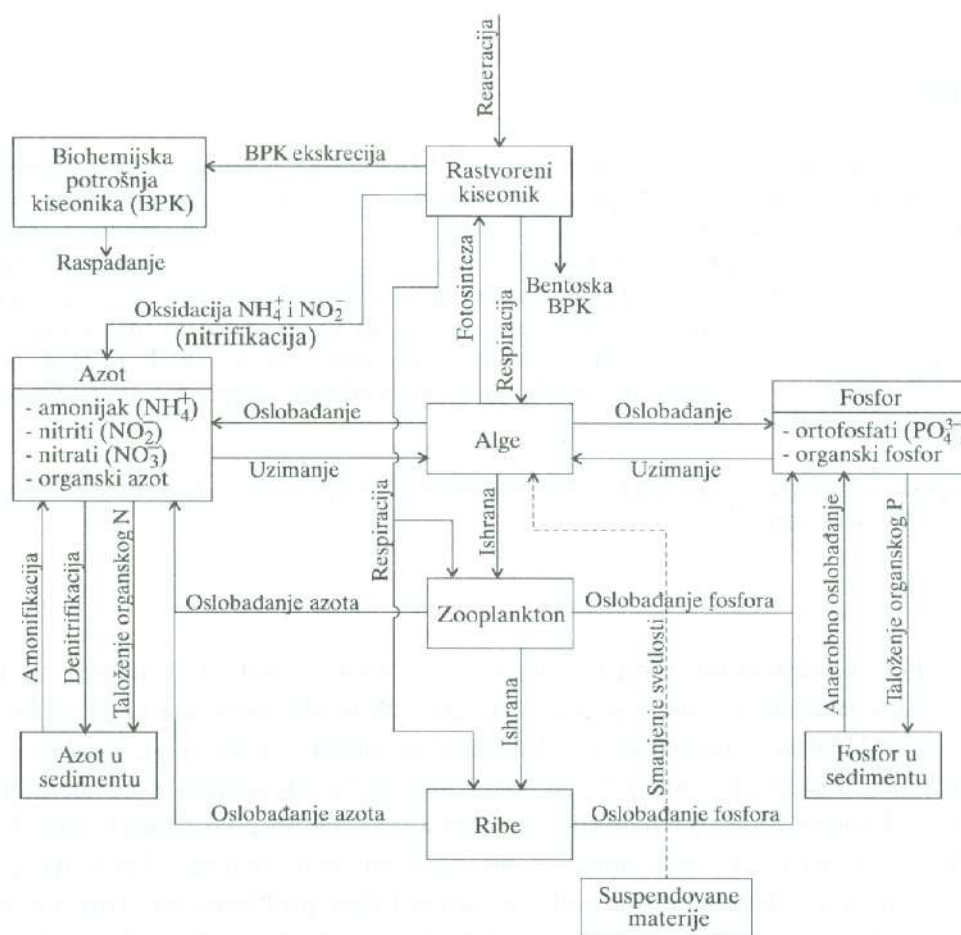
### PROCESI U JEZERIMA I NJIHOVO MODELIRANJE

Proces dinamičkih promena u akvatoriji nastaje već samim činom punjenja akumulacije. Novi ekosistem, nastao formiranjem akumulacije, započinje složeni proces sukcesija, koji prvenstveno zavisi od unosa hranljivih materija - nutrijenata. Ti procesi,



abiotičkog i biotičkog karaktera, međusobno su čvrsto povezani, jer se u akvatoriji neprekidno odigravaju procesi akcija (uticaj biotopa na biocenozu), reakcija (obratni proces, kojim biocenozu utiču na biotop) i koakcija (interakcije između vrsti i populacija biocenoza). Taj proces sukcesija odvija se uz delovanje čitavog niza pozitivnih i negativnih povratnih sprega (Đorđević, 1990), kojima se vodeni ekosistem napokon stabilizuje na nekom kvazistabilnom homeostatskom platou (klimakšno stanje), sve dok se prirodnim ili antropogenim delovanjem ne izmene uslovi u ekosistemu.

Svu složenost procesa u vodenom ekosistemu dobro odlikava čak i uprošćena šema procesa i interakcija (slika 1). Jasno se zapaža da su svi abiotički i biotički procesi međusobno povezani u zatvorenim petljama biotop  $\Rightarrow$  biocenozu  $\Rightarrow$  biotop, tako da nije svrsishodno modeliranje samo nekih izdvojenih parametara kvaliteta.



Slika 1: Šematski prikaz procesa i interakcija u vodenom ekosistemu

**FIZIČKI PROCESI** su osnovni procesi koje je neophodno obuhvatiti svakim modelom kvaliteta vode. **Hidrodinamičkim režimom**, odnosno procesima advektivnog i disperzivnog transporta, definiše se pronošenje komponenti kvaliteta kroz vodenu sredinu. Osnovni uzročnici advektivnog transporta u jezeru su ulazni i izlazni tok vode, dejstvo vetra na vodenu površinu i talasa koje on izaziva.

**Temperatura vode** jedna je od najvažnijih karakteristika kvaliteta. Svi fizički i hemijski procesi (koncentracija rastvorenog kiseonika, biohemijska potrošnja kiseonika, hemijsko-biološke reakcije, dinamika fito- i zooplanktona) zavise od ovog parametra, pa je veoma bitno da se modelom što realnije opiše. Pri tome se uglavnom podrazumevaju vertikalne promene temperature, odnosno mogućnost pojave temperaturne stratifikacije jezera. Ove promene nastaju kao posledica razmene sunčeve energije na slobodnoj vodenoj površini, a u modelima kvaliteta se najčešće opisuje jednim od sledeća dva pristupa: 1) toplotni fluks na granici voda - vazduh određuje se direktno iz meteoroloških podataka i 2) toplotni fluks računa se preko ravnotežne temperature.

**HEMIJSKI PROCESI.** Koncentracija **rastvorenog kiseonika** i dinamika njegove promene jedan je od ključnih pokazatelja kvaliteta vode u jezeru. Od kiseonika zavise hemijski i biološki procesi u jezeru: učestvuje u hemijskim i biohemijskim reakcijama oksidacije organskih i neorganskih materija, dok ga živi svet uzima iz vode u procesu respiracije. Osnovni izvor rastvorenog kiseonika je kiseonik iz atmosfere, koji se rastvara u vodi procesom aeracije i fotosinteze koju obavljaju alge. Zato je koncentracija rastvorenog kiseonika najveća na površini i opada sa dubinom. Kada u sistemu postoje dovoljne količine rastvorenog kiseonika odvijaju se aerobni procesi (respiracija, nitrifikacija, itd). Ako se desi da u najdubljim slojevima nema kiseonika, ta voda se nalazi u septičkom stanju i u njoj se odigravaju anaerobne razgradnje, pri čemu se oslobađaju razni gasovi (metan  $CH_4$ , hidrogen sulfid  $H_2S$ , amonijak  $NH_3$ , idr). Pored promene ukusa vodi ovi gasovi mogu biti i toksični ( $H_2S$ ), tako da se narušava kvalitet celog vodenog ekosistema.

U modelima kvaliteta vode najčešće se modeliraju procesi reaeracije (razmene kiseonika između atmosfere i vode kroz kontaktnu površinu vazduh - voda), potrošnje rastvorenog kiseonika pri biohemijskoj razgradnji, kao i promena koncentracije rastvorenog kiseonika, usled fotosinteze i respiracije.

**Nutrijenti.** Nutrijenti - hemijski elementi koji se unose u vodenu sredinu, na kojima kao hranljivim materijama počiva razvoj živog sveta u vodi. Nutrijenti se u vodi javljaju u nekoliko formi: rastvoreni neorganski, rastvoreni organski, nerastvoreni organski nutrijenti, nutrijenti u sedimentu i biotički nutrijenti. U procesu kruženja materije u ekosistemu nutrijenti tokom vremena prelaze iz jedne forme u drugu. Razvoj fitoplanktona neposredno zavisi od količine nutrijenata u vodi, a pošto su oni početna karika u lancu ishrane, od raspoloživih nutrijenata zavisi i dinamika razvoja svih biocenoza u jezeru. U modele kvaliteta vode uključuju se uglavnom samo dinamika kruženja azota i fosfora.

Kruženje nutrijenata u vodenim ekosistemima veoma je složen proces, koji zavisi od niza fizičkih, hemijskih i bioloških faktora. Opisuje se jednačinama održanja mase, koje se izvode iz poznatih dinamičkih jednačina promene stanja sistema, i koje se matematički formalizuju za svaku od formi javljanja nutrijenta (*Bowie, 1985*), te se ovde ne navode.



**BIOTIČKE KOMPONENTE PROCESA.** Živi svet u akvatoriji je u najtešnjoj interakciji sa biotopom, od čijih kvalitativnih parametara najneposrednije zavisi. Vrednosti abiotičkih parametara vodenog ekosistema neposredno se odražavaju na primarnu produkciju fitoplanktona / algi, te se preko njih, kao početne karike u trofičkom lancu, prenose na čitavu životnu zajednicu akvatorije. Možda je to bio razlog što je dosta dugo u MM kvaliteta vode od bitoičkih komponenti modeliran uglavnom samo fitoplankton, dok se od ostalih karika trofičkog lanca, zbog složenih veza, odustajalo.

**Fitoplankton / alge** svojim dinamizmom razvoja najneposrednije odražavaju stanje kvaliteta neke akvatorije. Primarna produkcija algi predstavlja najveću komponentu ukupne primarne produkcije u jezeru i kao prva karika u lancu ishrane one odlučujuće utiču na razvoj svih akvatičnih biocenoza. Sezonske varijacije brojnosti algi, kao i dinamizam procesa fotosinteze danju i respiracije noću, jedan su od bitnih uzročnika promena sadržaja kiseonika u jezeru. Alge su jedan od glavnih uzročnika smanjenja providnosti vode, što utiče na niz drugih vrsta biocenoza. Sa povećanjem njihove brojnosti sistemi za prečišćavanje vode za piće postaju složeniji i skuplji i pogoršavaju se uslovi za korišćenje jezera u rekreacione svrhe.

Za modeliranje dinamike fito- i zooplanktona koriste se dva pristupa: (1) uticaj svih vrsta modelira se preko jednog pokazatelja (suva biomasa, ukupna biomasa, hlorofil *a* - za fitoplankton i sl.) i (2) modeliraju se posebno različite grupe algi. Naravno, drugi pristup je realniji, jer se njime obuhvataju sezonske promene različitih vrsta algi i zooplanktona. Međutim, taj pristup zahteva određivanje velikog broja različitih konstanti i koeficijenata, koje je moguće dobiti samo merenjima na terenu. Zbog toga se, u modelima kvaliteta vode, po pravilu koristi prvi pristup, prema kome se dinamika promene određuje na osnovu procesa rasta, respiracije, ekskrecije, predatorske i nepredatorske smrtnosti.

**Zooplankton** je druga karika u lancu ishrane u jednom vodenom ekosistemu, jer se hrani fitoplanktonom. Zbog toga njihova dinamika razvoja na određen način prati razvoj fitoplanktona, kasneći u pojavama maksimuma, na sličan način kako se to odigrava na dijagramima vremenske promene brojnosti populacija na relaciji "plen - predator". U razmatranom MM dinamika zooplanktona je simulirana preko Jørgensen-ovog modela (Orlob, 1983), prema kome promena biomase zooplanktona odlučujuće zavisi od tri veličine: biomase fitoplanktona, brojanosti predatora (biomase riba) i temperature vode, kao i koeficijenata rasta, respiracije, nepredatorske smrtnosti, i dr. Modelom su obuhvaćene i dve modifikacije, sa tačnijim definisanjem uticaja temperature na rast zooplanktona.

**Ihtiofauna.** Ribe predstavljaju najvišu kariku u lancu ishrane u jednoj akvatoriji. Posredno ili neposredno one utiču na sve niže trofičke nivoe, ali i na razvoj abiotičkih faktora u vodi kao biotopu. I pored tako značajnog uticaja ribe su dosad retko uključivane u MM kvaliteta vode, pre svega zbog složenosti dinamike njihovog razvoja u uslovima vrlo brojnih koakcija između raznih ribljih populacija.



## MOGUĆNOSTI PRIMENE MODELA

**Provera modela.** Mogućnosti primene modela WASP-GFBG ispitivane su na primeru akumulacije "Barje" na Veternici. Za potrebe modeliranja jezero je diskretizovano na 7 segmenata (slika 2). Granične koncentracije svih simuliranih parametara kvaliteta (amonijak, nitrati, neorganski fosfor, fitoplankton, ugljenična biohemijska potrošnja kiseonika, rastvoreni kiseonik, organski azot i organski fosfor) definisane su za uzvodne segmente (7 i 8), kao vremenske funkcije. Pošto su osmatranja ulaznih parametara kvaliteta vode bila nepotpuna potrebni ulazni parametri dobijeni su korišćenjem relacija preporučenih u literaturi, ili su rekonstruisani korišćenjem korelacionih zavisnosti između protoka vode i koncentracije parametra kvaliteta.



Slika 2: Diskretizacije jezera "Barje" za potrebe modeliranja

Upoređivanjem koncentracije parametara kvaliteta dobijene simulacionim modelom sa izmerenim vrednostima zapaženo je "dobro slaganje" dobijenih vrednosti. Prema tim rezultatima akumulacija "Barje" se uz kontrolu kvaliteta vode na ulazu može održavati u I i II klasi prema uredbi o klasifikaciji voda, odnosno nalazi se na granici oligotrofnog i mezotrofnog stanja, prema OECD klasifikaciji.

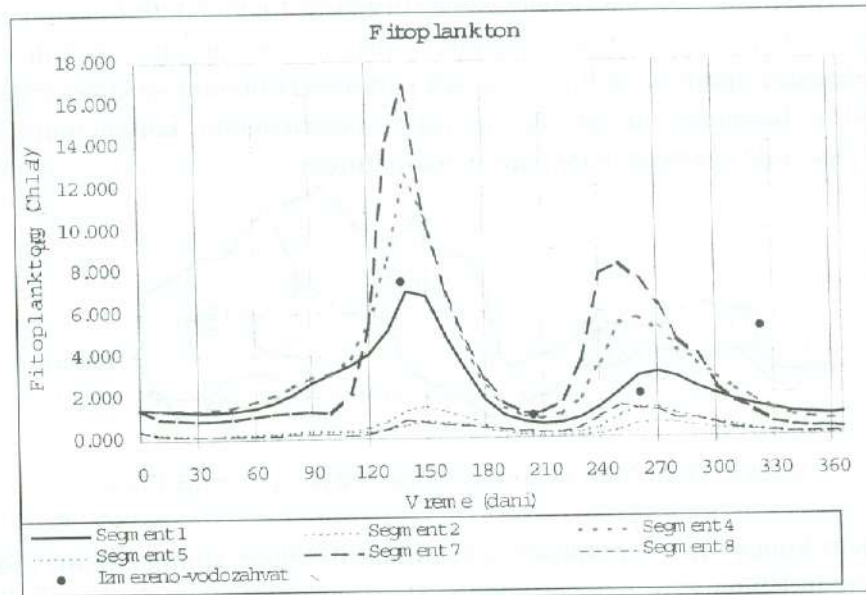
Na slici 3 prikazane su simulirane vrednosti biomase fitoplanktona i izmerene vrednosti u segmentu epilimniona uz vodozahvat (segment 1). Segment uz branu nalazi se stalno u oligotrofnom stanju. Problem je u najuzvodnijem delu akumulacije, koji tokom toplijeg, vegetacionog dela godine prelazi u mezotrofno stanje zbog još uvek znatnog unošenja nutrijenata.

Populacija zooplanktona modelirana je korišćenjem originalnog Jørgensen-ovog modela i njegove dve modifikacije (slika 4). U korišćenim modelima koncentracije fitoplanktona i zooplanktona izražavaju se preko suve biomase, a promena veličine populacije (dinamika) zooplanktona opisuje se, preko koeficijenata rasta, respiracije, predatorske i nepredatorske smrtnosti. Pošto za ispitivanu akumulaciju Barje ovi koeficijenti nisu određivani, za potrebe modeliranja preuzete su vrednosti iz literature (Orlob, 1983; Bowie et al., 1985), gde su na osnovu većeg broja merenja dati opsezi navedenih koeficijenata.

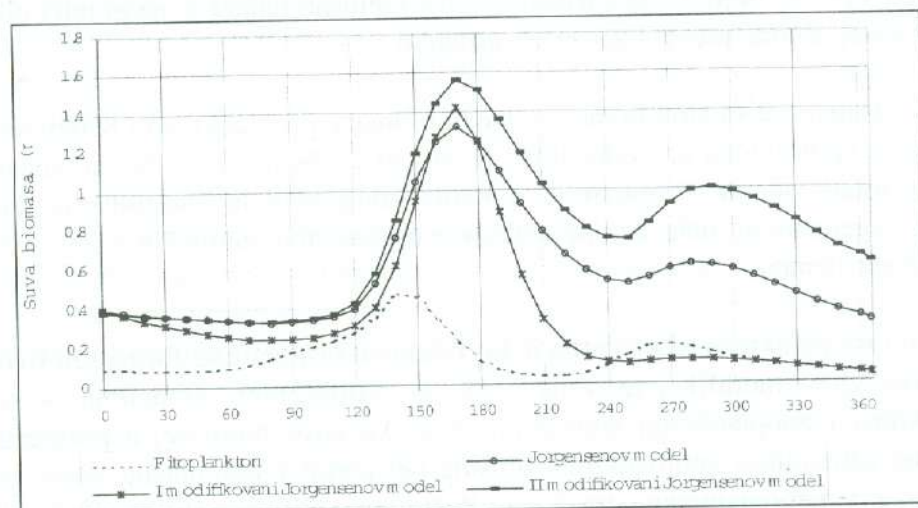
Rezultati sprovedenih modeliranja pokazuju da se korišćenjem Michaelis - Menten-ove formulacije za limitirajući faktor rasta zooplanktona (II modifikovani Jørgensen-ov model) dobijaju nešto veće vrednosti biomase zooplanktona od onih dobijenih originalnim Jørgensen-ovim modelom. Značajnu ulogu ima i način definisanja temperaturnog uticaja. Uočava se da se dinamika promene biomase zooplanktona



realnije opisuje modelima kojima se temperaturni uticaj definiše funkcijom optimalne temperature (originalni i II modifikovani Jørgensen-ov model), nego eksponencijalnom temperaturnom funkcijom (I modifikovani Jørgensen-ov model). Ovakav zaključak proizilazi iz činjenice da se prilikom modeliranja temperature eksponencijalnom funkcijom ne javlja drugi pik zooplanktona, koji bi se, kao posledica porasta populacije fitoplanktona, trebao javiti.



Slika 3: Promena biomase fitoplanktona



Slika 4: Dinamika promene populacije fito- i zooplanktona

U ovoj analizi izvršeno je samo upoređivanje razmatrana tri Jørgensen-ova modela zooplanktona, bez upuštanja u analizu dobijenih veličina biomase. Naime, ovi modeli su veoma osetljivi na promenu vrednosti koeficijenata rasta, respiracije i smrtnosti, odnosno mala promena nekog od koeficijenata izaziva veliku promenu biomase zooplanktona. U ovoj analizi vrednosti tih koeficijenata preuzete su iz literature, pa dobijene vrednosti biomase zooplanktona treba prihvatiti sa izvesnom rezervom.

Modeliranje populacije zooplanktona pokazuje da dinamika promena njihove brojenosti sa određenim kašnjenjem prati sezonsku dinamiku povećanja i smanjenja brojenosti fitoplanktona (dva maksimuma). Biološka istraživanja "in situ" treba usmeriti u pravcu utvrđivanja parametara koji su potrebni za tačniju kalibraciju tog segmenta modela.

**Mogućnosti primene.** Mogućnosti primene modela su vrlo široke, kako u fazi planiranja vodoprivrednog sistema (VS) sa akumulacijama, tako i u fazi korišćenja akumulacija. Model je veoma operativan, pa omogućava proveru velikog broja različitih simulacionih situacija, sa raznim ulazima kvaliteta, raznim pretpostavkama o merama zaštite kvaliteta vode u slivu, sa raznim efektivnostima PPOV (postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda) na delu sliva uzvodno od akumulacije, itd. U fazi planiranja VS korišćenje simulacionog modela omogućava rešenje sledećih vrlo važnih planskih zadataka:

- Sagledavanje dinamizma abiotičkih i biotičkih procesa u jezeru, sa stanjima trofije tokom vremena, na osnovu kojih se mogu proveravati dispozicije i parametri sistema i planirati mere zaštite akumulacije, kao nezaobilaznog dela čitavog projekta.
- Određivanje stanja kvaliteta vode u jezeru u pojedinim fazama njegovog ravoja, na osnovu kojih se mogu birati tehnologije prečišćavanje vode, ukoliko se akumulacija koristi i kao izvoršte vode za snabdevanje naselja.
- Kvantifikacija uticaja pojedinih koncentrisanih zagadivača u slivu na razvoj kvaliteta vode u nizvodnoj akumulaciji. Na osnovu toga se mogu pouzdanije donositi odluke o neophodnosti pojedinih zaštitnih mera u slivu (npr. potpuno kanalsanje naselja uzvodno od akumulacije i izgradnja odgovarajućih PPOV, izbor stepena prečišćavanja, itd).
- Kvantifikovano sagledavanje uticaja akumulacije na okolinu, tokom izrade "Detaljne analize uticaja sistema na životnu sredinu", kao i u "Studiji opravdanosti", čija je izrada regulisana odgovarajućim zakonima.
- Sagledavanje realnih mogućnosti korišćenja akumulacije za ribarstvo, kao i za turističko - rekreativne svrhe, itd.

U fazi korišćenja vodoprivrednog sistema spektar problema koji se rešavaju ovakvim modelima je takođe dosta širok:

- Praćenje razvoja i estimacija / prognoza kvaliteta vode u akumulaciji, radi sagledavanja dopunskih mera njene zaštite.
- Analiza mera za usmeravanje razvoja ihtiofaune u pravcu koji je najpoželjniji sa gledišta održavanja visokog kvaliteta vode u akumulaciji (dodatna poribljavanja, izlov ribe, itd).
- Proveravanje optimalnih režima rada akumulacije sa stanovišta ciljeva održavanja visokog kvaliteta vode.
- Simulacija dopunskih mera zaštite koje su usmerene na poboljšanje stanja kvaliteta vode u jezeru, itd.



## ZAKLJUČAK

Savremeno projektovanje i korišćenje akumulacionih basena nije moguće bez odgovarajućih matematičkih modela za simulaciju abiotičkih i biotičkih procesa u jezeru. Simuliranje tih procesa u periodu projektovanja omogućava: (a) da se donesu valjane projektne odluke o dispoziciji i parametrima akumulacije, kako bi se izbegle dispozicije koje su posebno ranjive sa gledišta eutrofikacije, (b) da se nađu rešenja za zaštitu akumulacije, (c) da se izaberu tehnološke linije "fabrika voda" koje odgovaraju stanju kvaliteta u budućnosti, (d) da se jasno kvantificira uticaj akumulacije na životnu sredinu, itd. U fazi korišćenja akumulacije simulacioni model omogućava: (a) da se proveravaju prognoze razvoja kvaliteta u jezeru i efekti dodatnih mera zaštite, (b) da se usmeravanim sukcesijama ekosistema jezero održava u najpoželjnijim stanjima kvaliteta, (c) da se tokom operativnog upravljanja određuju najpogodniji načini korišćenja akumulacije sa gledišta razvoja kvaliteta vode, itd.

Prikazan model WASP-GFBG, koji predstavlja dopunjen i unapređen model WASP5, omogućava da se vrlo operativno rešavaju svi navedeni zadaci. Da bi se on mogao da uspešno primeni, neophodno je raspolagati kvalitetnim ulaznim podacima, odnosno podacima o promeni parametara kvaliteta tokom vremena. U našoj zemlji jedan od najvećih problema predstavljaju neadekvatna i neredovna merenja parametara kvaliteta vode. Prema mišljenju autora ovog rada, u narednom periodu trebalo bi posvetiti veću pažnju kvalitetu vode u akumulacijama, kako u fazi projektovanja - propisivanjem lokacija i dinamike obaveznih osmatranja parametara kvaliteta, tako i u fazi eksploatacije - doslednim sprovođenjem propisanih obaveza. Pored toga, neophodno je kompletnije i redovnije osmatranje parametara kvaliteta na svim važnijim vodotocima.

## LITERATURA

1. Ambrose R., T. Wool and J.Martin (1993): The Water Quality Analysis Simulation Program WASP5, Part I - Model Documentation, EPA, Athens, Georgia
2. Bowie L.G. et al. (1985): Rates, Constants and Kinetics Formulation in Surface Water Quality Modeling, EPA, Georgia
3. Cibulić V., V. Martinović-Vitanović i V. Kalifatić (1997): Rezultati jednogodišnjeg praćenja kvaliteta vode akumulacije Barje - hemijski aspekt, "Zaštita voda 97", Sombor
4. Dasić T., B. Djordjević (2002): Prediction and management of water quality in water storage reservoirs, iEMSs 2002, Lugano, Švajcarska
5. Đorđević B. (1990): Vodoprivredni sistemi, Naučna knjiga, Beograd
6. Đorđević B. i T. Milanović (1998): Modeliranje procesa u akumulacijama - uslov za njihovo korišćenje i zaštitu, Savetovanje "Vodni resursi sliva Velike Morave i njihovo korišćenje", Kruševac
7. Kalafatić V., V. Martinović-Vitanović i V. Cibulić (1997): Rezultati jednogodišnjeg praćenja kvaliteta vode akumulacije "Barje" - biološki aspekt, "Zaštita voda 97", Sombor
8. Milanović T. (1999): Kvalitet vode u akumulacijama - modeliranje, ocenjivanje, praćenje, Zadužbina Andrejević, Beograd
9. Orlob T.G. (1983): Mathematical Modeling of Water Quality: Streams, Lakes and Reservoirs, A Wiley - Interscience publication