



MD



11. MEMORIJALNI NAUČNI SKUP IZ ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE

„DOCENT DR MILENA DALMACIJA“

zajedno sa

1. PROLEĆNOM ŠKOLOM UNAPREĐENIH TRETMANA
OTPADNIH VODA - SMARTWATERTWIN

KNJIGA RADOVA

01-04.04.2024.
Novi Sad



Organizatori



Univerzitet u Novom Sadu

Prirodno-matematički fakultet



Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine

Fondacija "Docent dr Milena Dalmacija"



SmartWaterTwin HE Project



Podrška Pokrajinskog sekretarijata za visoko obrazovanje i naučnoistraživačku delatnost AP Vojvodine, RS



KNJIGA RADOVA

IZDAVAČ
GLAVNI UREDNIK

11. Memorijalni naučni skup iz zaštite životne sredine
„Docent dr Milena Dalmacija“
Prirodno-matematički fakultet, UNS
dr Đurđa Kerkez, dr Dunja Rađenović,
dr Dragana Tomašević Pilipović

CIP - Katalogizacija u publikaciji

Библиотеке Матице српске, Нови Сад

502.17(082)

МЕМОРИЈАЛНИ научни skup из заштите животне средине "Доцент др Милена Далмација" (11 ; 2024 ; Нови Сад)

Knjiga radova [Elektronski izvor] / 11. Memorijalni naučni skup iz zaštite životne sredine "Docent dr Milena Dalmacija" zajedno sa 1. prolećnom školom unapređenih tretmana otpadnih voda - SmartWaterTwin, 01. - 04. 04. 2024, Novi Sad ; [glavni urednik Đurđa Kerkez, Dunja Rađenović, Dragana Tomašević Pilipović]. - Novi Sad : Prirodno-matematički fakultet, 2024. - 1 elektronski optički disk (CD ROM) ; 12 cm

Nasl. sa naslovnog ekrana. - Tiraž 100. - Bibliografija uz svaki rad.

ISBN 978-86-7031-664-5

1. Пролећна школа унапређених третмана отпадних вода - SmartWaterTwin (1 ; 2024 ; Нови Сад)
а) Животна средина -- Заштита -- Зборници

COBISS.SR-ID 141598729



Naučni odbor:

- dr Miladin Gligorić, redovni profesor u penziji, Tehnološki fakultet Zvornik, Univerzitet u Istočnom Sarajevu
- dr Jasmina Agbaba, redovna profesorka, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Srđan Rončević, redovni profesor, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Dragan Radnović, redovni profesor, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Dušan Mrđa, redovni profesor, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Milena Bečelić-Tomin, redovna profesorka, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Miljana Prica, redovna profesorka, FTN, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Snežana Maletić, redovna profesorka, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Dejan Krčmar, redovni profesor PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Aleksandra Tubić, redovna profesorka PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Vladimir Beškoski, redovni profesor, Hemijski fakultet, Univerzitet u Beogradu
- dr Nataša Đurišić Mladenović, vanredna profesorka, Tehnološki fakultet Novi Sad, Univerzitet u Novom Sadu

Organizacioni odbor:

- dr Đurđa Kerkez, vanredna profesorka, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Dragana Tomašević Pilipović, vanredna profesorka, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Anita Leovac Mačerak, docentkinja, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Vesna Pešić, docentkinja PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Nataša Slijepčević, naučna saradnica, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Nataša Duduković, asistentkinja sa doktoratom, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Dunja Rađenović, naučna saradnica, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Jasmina Nikić, naučna saradnica, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Tijana Marjanović, istraživač saradnica, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Jovana Pešić, istraživač saradnica, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Slaven Tenodi, asistent, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- Nada Popsavin, stručna saradnica za odnose sa javnošću, PMF, Univerzitet u Novom Sadu

MODELOVANJE DISPERZIJE AZOTNIH JEDINJENJA U POVRŠINSKIM VODAMA PRILIKOM AKCIDENTNIH SITUACIJA

Milica Mišić^{1,*}, Aleksandar Jovanović¹, Mladen Bugarčić¹

¹Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Bulevar Franš d'Eperea 86,
Beograd

*m.misic@itnms.ac.rs

Izvod

Cilj ovog rada bio je prikaz modela fluktuacije azotnih jedinjenja u površinskim vodama usled akcidentnih situacija. Slučajno ispuštanje jedinjenja azota, konkretno veštačkih đubriva, ima veoma štetan uticaj na kvalitet vode i vodene ekosisteme. U ovom radu je navedeno nekoliko primera akcidentnih situacija ispuštanja azotnih đubriva u površinske vode, uključujući i akcident koji se desio u Republici Srbiji, kada je usled plovidbene nezgode, oko 1000 t veštačkog azotnog đubriva potonulo u reku Dunav. Svi ovi akcidenti ukazuju na značaj prevencije ili naknadnog umanjenja uticaja ovih jedinjenja na živi svet. U cilju prevencije budućih akcidenata i ublažavanja efekata već nastalih, potrebno je izraditi planove reagovanja u vanrednim situacijama. Za održivo upravljanje rečnim slivovima, ključno je razumevanje promena koje mogu izazvati transport, disperzija i transformacije zagađujućih materija, u ovom slučaju jedinjenja azota, u vodi. U te svrhe mogu se koristiti brojni matematički modeli, među kojima se izdvajaju predstavljeni modeli *MONERIS*, *ADM* i *QUESTOR* na rečnim slivovima u Engleskoj i Mađarskoj.

Ključne reči: akcidenti, azotna jedinjenja, otpadne vode, modelovanje.

Uvod

Zagađenje vode posledica je kontakta vodenog medijuma sa različitim supstancama koje se u njoj rastvaraju ili suspenduju, što za posledicu ima promenu njenih fizičkih, hemijskih i/ili bioloških karakteristika [1]. Koncentracije zagađujućih materija u vodenoj sredini predstavljaju važan kriterijum za evaluaciju kvaliteta vodnih tela, zbog potencijalnog štetnog efekta koje mogu imati na živi svet [2]. Nakon što se zagađujuće materije unesu u vodno telo, njihova sudbina zavisi od njihove prirode (rastvorljivost, biorazgradivost, mobilnost), kao i od osobina prirodne vodene sredine (pH, temperatura, sadržaj kiseonika, itd.) [2].

Kontaminacija prirodnih voda komunalnim, poljoprivrednim i industrijskim otpadnim vodama dovela je do pogoršanja njihovog kvaliteta [3]. Dodatni razlog njihovog zagađenja jesu česti hemijski akcidenti koji nastaju tokom antropogenih aktivnosti, kao što su izlivanje, eksplozije, požari, emisije toksičnih hemikalija itd., koje mogu imati ozbiljne posledice na životnu sredinu i zdravlje ljudi [4]. Veliki broj industrijskih postrojenja širom sveta generiše značajne količine otpadnih voda sa visokim sadržajem azotnih jedinjenja, što predstavlja ozbiljan izazov za očuvanje vodenih resursa i održivost životne sredine.

Azot i fosfor su važni makronutrijenti za mnoge životne procese mikroorganizama, biljaka i životinja. Međutim, njihove povećane koncentracije u vodi mogu rezultirati ozbiljnim ekološkim i zdravstvenim problemima [5]. Azot (zajedno sa fosforom) doprinosi eutrofikaciji, procesu u kome dolazi do prekomerne bioreprodukcije u recipijentima, do pogoršanja kvaliteta vode i iscrpljivanja rastvorenog kiseonika u vodnim telima, što se negativno odražava na živi svet akvatičnog

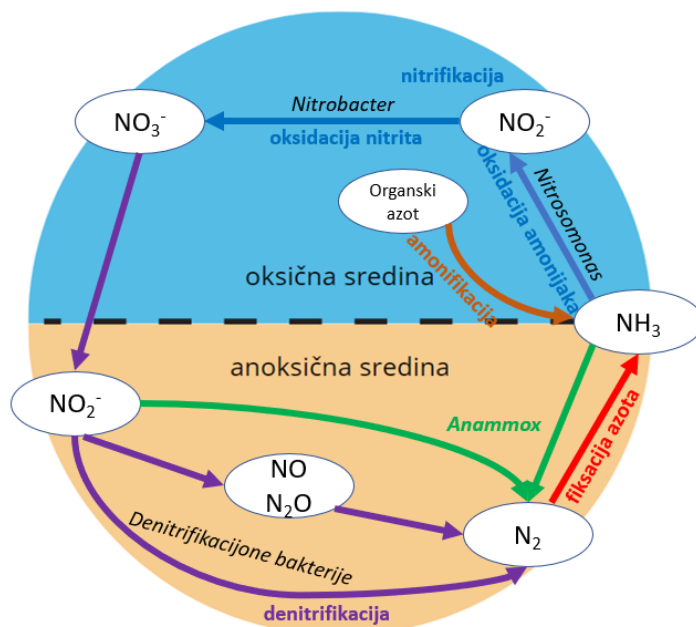
ekosistema (pomor riba, promene sastava vrste ribe u vodnom telu) [1, 5, 6]. Cijanotoksini koji se proizvode tokom cvetanja algi su štetni i za ljudsko zdravlje i za vodene organizme [7]. Amonijak u slobodnom obliku je toksičan za akvatične organizme, a može biti toksičan i za čoveka kada nitratni azot dospe u vodu za piće (izazivač methemoglobinemije kod dece) [8].

Azot se iz otpadnih voda može ukloniti primenom fizičko-hemijskih i bioloških metoda. U fizičko-hemijske metode spadaju: membranska filtracija, „stripping“ amonijaka, jonska izmena, elektrodijaliza i hemijska precipitacija [8]. Zbog visoke cene i stvaranja sekundarnog zagađenja, fizičko-hemijski procesi se sve ređe koriste, dok biološke metode privlače sve veću pažnju primenom u inženjerskoj praksi zbog niza prednosti nad fizičko-hemijskim tretmanom (manje utrošena količina hemikalija, umanjena količina mulja i smanjena potrošnja energije) [8, 9].

Cilj ovog rada je prikaz izabranih metoda modelovanja dispergovanja, transformacije i transporta azotnih jedinjenja u vodenim medijumima usled akcidentnih situacija. Na osnovu navedenih akcidentnih situacija izlivanja jedinjenja azota, izabrani su modeli *MONERIS*, *ADM* i *QUESTOR*, koji mogu u realnom vremenu da daju proračun prisutnih koncentracija.

Akcidentna izlivanja azotnih jedinjenja

Sve materije dospеле u vodeni medijum podvrgnute su delovanju mikroorganizama i hemijskim promenama izazvanih prisustvom različitih konstituenata vode. Ove promene su međusobno povezane, a transformacija azota je posebno značajna jer utiče na razvoj mikroorganizama u vodi i određuje kvalitet vodene sredine [10]. Azot prolazi kroz različite transformacije u ekosistemu, pri čemu prelazi iz jednog oblika u drugi. Mikrobiološki procesi kao što su fiksacija azota, nitrifikacija, denitrifikacija, *Anammox* i amonifikacija (slika 1.) su glavni putevi transformacije azotnih jedinjenja i oni imaju glavnu ulogu u ciklusu azota na Zemlji. Međutim, intenzivne antropogene aktivnosti (proizvodnja veštačkih đubiva, sagorevanje fosilnih goriva itd.) su već značajno promenile globalni ciklus azota [11].



Slika 1. Glavne transformacije u ciklusu azota

U daljem tekstu će biti navedeni primeri izlivanja azotnih jedinjenja u vode usled aksidenata.

1. Prema informacijama Ministarstva zaštite životne sredine [12] i Agencije za zaštitu životne sredine Republike Srbije [13], dana 05. januara 2024. godine, na reci Dunav kod Bačke Palanke, desila se plovidbena nesreća. Kao rezultat, potonula je barža broda koja je prevozila oko 1000 t veštačkog azotnog đubriva. Neposredno nakon akcidenta, na tri lokacije u zoni potonuća, kako uzvodno tako i nizvodno od potonule barže, Agencija za zaštitu životne sredine je obavila uzorkovanje vode i analizu svih fizičko-hemijskih parametara radi procene kvaliteta vode. Rezultati analize vode su pokazali da nema promena organoleptičkih osobina vode (boja, miris i vidljive otpadne materije), da su vrednosti fizičko-hemijskih pokazatelja (pH vrednost, elektroprovodljivost, rastvoreni kiseonik, procenat zasićenja kiseonikom, amonijačni azot, nitrati, nitriti, ortofosfati, ukupan fosfor i hemijska potrošnja kiseonika) bile unutar propisanih granica za I i II klasu kvaliteta površinskih voda, dok je analiza sadržaja ukupnog organskog ugljenika (TOC) i ukupnog azota (TN) pokazala da su vrednosti odgovarale III klasi kvaliteta površinskih voda. Agencija je istog dana izvršila vanredno uzorkovanje vode reke Dunav na profilu Novi Sad. Rezultati analiza su pokazali da su se vrednosti opštih fizičko-hemijskih parametara kretale u propisanim granicama. Dana 09. januara 2024. godine, sprovedeno je vanredno uzorkovanje i ispitivanje kvaliteta vode u pet tačaka u zoni potonule barže, koje je potvrdilo prethodno dobijene rezultate, da se analizirani parametri kreću u propisanim granicama.
2. Do sličnog akcidenta je došlo tokom leta 2015. godine, zbog slučajnog ispuštanja veštačkog đubriva koje sadrži amonijum-nitrat u reku Jagst na jugozapadu Nemačke [14]. Procenjeno je da je u reku uneto približno 1,3 t ukupnog amonijačnog azota, a osim toga nisu ispuštene druge toksične supstance ili hemikalije. To je dovelo do masovnog uginuća ribe 25 km nizvodno od tačke izlivanja, pri čemu je većina preživelih riba ubrzo nakon nesreće pokazala oštećenja škrge i osetljivost na različite infekcije. Toksični nivoi azota, posebno amonijaka, bili su uzrok pomora riba. Usled produženog sušnog perioda, protoci su bili mali u to vreme, čime je potencijal za razblaživanje zagađujuće materije bio ograničen. Kako bi se ublažili toksični efekti amonijaka na vodene organizme, sproveden je program danonoćne aeracije u zahvaćene delove, nekoliko dana nakon akcidenta. Međutim, ovo nije bila prikladna mera, jer je pozitivan efekat kiseonika efikasan samo u subletalnim hroničnim slučajevima, takođe, reka Jagst je već preko dana bila zasićena kiseonikom, što znači da je aeracija nenamerno uklonila kiseonik iz vode.
3. Takođe, u aprilu 2017. godine došlo je do prosipanja smeše tečnog veštačkog đubriva – urea/amonijum-nitrata, u reke Snejk i Kolumbija u Severnoj Americi [15]. Ovaj akcident je prouzrokovan lošim održavanjem čeličnih kontejnera u kojima je prevožena roba, a kao rezultat, u reke je proliveno ukupno oko 150 000 l ove hemikalije. Kompanija koja je bila zadužena za skladištenje i transport i koja je odgovorna za ovaj akcident, je uz novčanu kaznu, bila dužna da preuzme hitne mere u cilju sprečavanja budućih nezgoda.

Naučene lekcije iz ovih akcidenta uključuju važnost postojanja plana za hitne situacije pre nego što dođe do nesreće, potrebu za kvalifikovanim i opremljenim osobljem koje će proceniti situaciju i preduzeti odgovarajuće mere uz angažovanje stručnjaka iz oblasti toksikologije, hidrologije i hemije vode kako bi pomogli u identifikaciji i kvantifikaciji uzroka katastrofe.

Modeli disperzije i transformacije nutrijenata

Jedan od alata koji se koristi za rešavanje problema zagađenja površinskih voda je modelovanje promena koncentracija prisutnih materija kao posledica različitih aktivnosti [16]. Tačnost modela

zavisi od razumevanja prisutnih procesa koji se dešavaju u okruženju i od odgovarajućeg izbora matematičkih jednačina koje ih bliže opisuju. S druge strane, to zavisi od raspoloživih skupova podataka, odnosno rezultata merenja bitnih indikatora kvaliteta vode, na kojima se zasniva procena parametara i koeficijenata modela [16].

Trenutno je dostupno nekoliko modela za modelovanje emisija i njihovih transformacija nutrijenata u površinske vode. Literaturnim pregledom utvrđeno je da su najrasprostranjeniji modeli u ovoj oblasti *AGNPS*, *AnnAGNPS*, *ANSWERS*, *CASC2D*, *DWSM*, *HSPF*, *KINEROS*, *MIKE SHE*, *PRMS*, *SVAT* i *MONERIS*, *QUESTOR* [17]. U daljem tekstu će detaljnije biti opisani *MONERIS*, *ADM* i *QUESTOR*.

1. *MONERIS* - model emisija nutrijenata u rečnim sistemima (engl. *Modelling Nutrient Emissions in River Systems*) razvijen je u cilju određivanja izvora i emisije nutrijenata na širem području rečnog sliva, proučavanja njihovog zadržavanja i transporta u rečnom sistemu i stvaranja okvira za procenu alternativa upravljanja rečnim sistemima [17,18]. Model proučava različite načine difuzije emisija, uključujući atmosfersko taloženje, eroziju, površinsko oticanje, podzemne vode i urbana područja, kao i ulaze iz tačkastih izvora (npr. postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda, industrijska ispuštanja). Takođe uzima u obzir različite regionalne karakteristike, kao što su vodosnabdevanje, karakteristike tla, nagib terena, geologija, stanovništvo i kanalizacioni sistemi, uključujući broj i lokacije postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda. *MONERIS* omogućava mapiranje tokova nutrijenata u različitim scenarijima i modelovanje različitih opcija upravljanja. Na ovaj način se mogu modelovati trenutne i potencijalne emisije, opterećenja i koncentracije, identifikovati žarišta emisija i odrediti potencijalni uspeh opcija upravljanja [18]. Cilj istraživanja Jolánkai, Z i dr. [17] bila je primena modela *MONERIS* na mađarski deo sliva reke Dunav i modelovanje dva naredna četvorogodišnja perioda (2009–2012 i 2013–2016). Ovaj model je izabran jer je ranije korišćen i validiran u slivu Dunava. Kako bi se poboljšala tačnost modela, jedan od glavnih ciljeva bilo je prilagođavanje i testiranje različitih elemenata tj. parametara modela. Monitoring kvaliteta površinskih i podzemnih voda je sproveden širom zemlje, a dobijene koncentracije ukupnog azota i fosfora su bile ključni podaci za validaciju modela. Rezultati su pružili uvid u primenljivost modela i naglasili potrebu za prilagođavanjem određenih parametara modela kako bi se dobila što veća tačnost modela.
2. *ADM* i *QUESTOR* - Reka Svelj u Engleskoj bila je predmet drugog istraživanja. U radu Ani i dr. [19], cilj je bio da se razviju novi alati za predviđanje transporta nutrijenata duž kratkog rečnog dela u uslovima nestabilnog toka. Korišćenjem eksperimentalnih podataka iz donjeg toka reke, razvijen je i implementiran advekcioni model disperzije – *ADM* (engl. *Advection Dispersion Model*), za transport nutrijenata koji je zasnovan na analitičkim rešenjima fundamentalne advekciono-disperzione jednačine. Zajedno sa njim korišćen je i *QUESTOR* model (engl. *Quality Evaluation and Simulation Tool for River Systems*), kako bi se povezala dinamika nutrijenata u rečnom delu sa njihovim varijabilnim stopama transformacije. Pored toga, cilj je bio da se ukaže na prednostima koje su dobijene korišćenjem novog pristupa modelu *ADM*. Istraživanje je pokazalo da je *ADM* model bio u stanju da uspešno predvidi osnovni trend merenih jednočasovnih koncentracija amonijum-jona i nitrata, sa zadovoljavajućom tačnošću, čime je pokazao prediktivnu sposobnost za simulaciju slučajnih ispuštanja i detaljno proučavanje transporta zagađivača duž rečnog dela. Sa druge strane, stope nitrifikacije i

denitrifikacije kalibrisane korišćenjem *QUESTOR*-a nisu se pokazale optimalnim za simulaciju kratkoročnih promena.

Zaključak

Slučajno izlivanje zagađujućih materija, a naročito veštačkih đubriva može imati veoma štetne efekte na kvalitet vodotokova, na vodene ekosisteme i može ograničiti ljudsku upotrebu ovog važnog resursa. Izlivanja se mogu desiti prilikom transportnih nezgoda, oštećenja opreme, neadekvatnog upravljanja i skladištenja ovih hemikalija. Nažalost, akcidentne situacija se često javljaju širom sveta, pa tako i u Republici Srbiji. Razumevanje i ublažavanje efekata akcidenata je od ključnog značaja u cilju očuvanja i zaštite prirodnih vodotokva.

Primenom modela za simulaciju transporta, disperzije i transformacije zagađujućih materija prisutnih u vodi, dobija se moćan alat koji omogućava predviđanje posledica izlivanja i pomaže efikasnijem upravljanju vodama u pogledu donošenja adekvatnih mera za prevenciju i zaštitu. Međutim, potrebno je stalno usavršavanje trenutnih modela kako bi se dobili što precizniji i prediktivniji rezultati. Upotreba kompjuterskog modelovanja trenutnog kvaliteta površinskih voda zahteva sinergiju matematičkih metoda i savremene računarske tehnologije u oblasti inženjerstva zaštite životne sredine.

Zahvalnica: Ovaj rad je podržalo Ministarstvom nauke, tehnološkog razvoja i inovacija (broj Ugovora 451-03-66/2024-03/200023).

Literatura

- [1] Povrenović, D., & Knežević, M. (2013). *Osnove tehnologije prečišćavanja otpadnih voda*. Beograd, Srbija, Tehnološko-metalurški fakultet.
- [2] Dalmacija, B., Agbaba, J., Rončević, S. (n.d.). *Tehnologije zaštite voda*. Novi Sad, Srbija, Prirodno-matematički fakultet.
- [3] Crittenden, J. C., Trussell, R. R., Hand, D. W., Howe, K. J., & Tchobanoglous, G. (2012). *MWH's water treatment: principles and design*. John Wiley & Sons.
- [4] Hồng T. B. & Giang T. T. (2021). Environmental effects of some toxic chemical incidents in fertilizer production in the world and lessons learned for Việt Nam. *Vietnam Environment Administration Magazine*.
- [5] ICPDR. Nitrogen Pollution in the Danube Basin. Dostupno na: <https://www.icpdr.org/publications/nitrogen-pollution-danube-basin>, (pristupljeno 26.02.2024.).
- [6] Vujović, S. (2009). *Pregled osnova nitrifikacije i denitrifikacije u postupku sa aktivnim muljem*. Niš, Srbija, Građevinsko arhitektonski fakultet u Nišu.
- [7] Weerakoon, D., Bansal, B., Padhye, L. P., Rachmani, A., Wright, L. J., Roberts, G. S., & Baroutian, S. (2023). A critical review on current urea removal technologies from water: An approach for pollution prevention and resource recovery. *Separation and Purification Technology*, 123652.
- [8] Knežević, M. M. (2015). Uklanjanje azotnih jedinjenja iz otpadnih voda u disperzivnim sistemima. Beograd, Srbija: Univerzitet u Beogradu.

- [9] Yan, Y., Lu, H., Zhang, J., Zhu, S., Wang, Y., Lei, Y., Zhang, R., Song, L., (2022). Simultaneous heterotrophic nitrification and aerobic denitrification (SND) for nitrogen removal: a review and future perspectives. *Environmental Advances*, 9, 100254.
- [10] Leonov, A. V., & Toth, D. (1981). The Study of Nitrogen Transformation in Fresh Water: Experiments and Mathematical Modeling.
- [11] Bernhard, A. (2010). The nitrogen cycle: processes. *Players, and Human*, 3(10), 25.
- [12] Ministarstvo zaštite životne sredine Republike Srbije. Vesti. Dostupno na: <https://www.ekologija.gov.rs/lat/saopstenja/vesti>, (pristupljeno 20.01.2024.).
- [13] SEPA. Agencija za zaštitu životne sredine. Obaveštenja. Dostupno na: <http://www.sepa.gov.rs/index.php?Lang=Latinica>, (pristupljeno 24.01.2024.).
- [14] Gaye-Siessegger, J., Schumann, M., Baer, J., Roch, S., Ittner, L., & Brinker, A. (2023). Massive Fish Kill After the Discharge of Artificial Fertilizer into a Species Rich River in Southwestern Germany: a Conservation Case Study. *Water, Air, & Soil Pollution*, 234(10), 623.
- [15] Washington State Department of Ecology. (2018) *Barge company fined \$18,000 for spilling liquid fertilizer to Columbia and Snake rivers*. Dostupno na: <https://ecology.wa.gov/about-us/who-we-are/news/2018/barge-company-fined-for-spilling-liquid-fertilizer>
- [16] Ziemińska-Stolarska, A., & Skrzypski, J. (2012). Review of mathematical models of water quality. *Ecological Chemistry and Engineering S*, 19(2), 197-211.
- [17] Jolánkai, Z., Kardos, M. K., & Clement, A. (2020). Modification of the MONERIS nutrient emission model for a lowland country (Hungary) to support river basin management planning in the Danube River Basin. *Water*, 12(3), 859.
- [18] IGB. MONERIS. Dostupno na: <https://www.igb-berlin.de/en/moneris>, (pristupljeno 27.02.2024.).
- [19] Ani, E. C., Hutchins, M., Kraslawski, A., & Agachi, P. S. (2011). Mathematical model to identify nitrogen variability in large rivers. *River research and applications*, 27(10), 1216-1236.



ISBN: 978-86-7031-664-5