

7 • HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
• S MEĐUNARODNIM SUDJELOVANJEM

HRVATSKE VODE U ZAŠTITI OKOLIŠA I PRIRODE

7th CROATIAN WATER CONFERENCE WITH INTERNATIONAL PARTICIPATION

CROATIAN WATERS
IN ENVIRONMENTAL AND NATURE
PROTECTION

ZBORNIK RADOVA / PROCEEDINGS



OPATIJA, 30. svibnja /May/ - 1. lipnja /June/ 2019.



7. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
S MEĐUNARODNIM SUDJELOVANJEM

**HRVATSKE VODE U ZAŠTITI
OKOLIŠA I PRIRODE**

*7th CROATIAN WATER CONFERENCE
WITH INTERNATIONAL PARTICIPATION*

**CROATIAN WATERS IN
ENVIRONMENTAL AND NATURE
PROTECTION**

**ZBORNİK RADOVA
*PROCEEDINGS***

OPATIJA 30. SVIBNJA (MAY) - 1. LIPNJA (JUNE) 2019.

Izdavač:

HRVATSKE VODE
Zagreb, Ulica grada Vukovara 220

Uredništvo

doc. dr. sc. Danko Biondić
doc. dr. sc. Danko Holjević
Marija Vizner, dipl.ing.

Likovno rješenje ovitka

DIO d.o.o. Rijeka

Grafička priprema

DIO d.o.o. Rijeka

Tisak

Grafički zavod Hrvatske d.o.o.
Mičevečka 7, 10000 Zagreb

ISBN 978-953-7672-19-5

CIP zapis dostupan u računalnome katalogu
Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu
pod brojem 001029916

Autori su u potpunosti odgovorni za sve što je iznijeto u njihovim radovima. Izdavač, uredništvo Zbornika radova, te članovi Znanstveno - stručnog i Organizacijskog odbora 7. hrvatske konferencije o vodama u svezi s time ne snose nikakvu odgovornost.

7. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
7th CROATIAN WATER CONFERENCE

**HRVATSKE VODE U ZAŠTITI
OKOLIŠA I PRIRODE**

*CROATIAN WATERS IN
ENVIRONMENTAL AND NATURE PROTECTION*

**ZBORNİK RADOVA
*PROCEEDINGS***

UREDNIK
EDITOR

DANKO BIONDIĆ
DANKO HOLJEVIĆ
MARIJA VIZNER

OPATIJA 2019.

SADRŽAJ

| | |
|------------|----|
| Uvod | 17 |
|------------|----|

REFERATI PO POZIVU

| | | |
|-------|--|----|
| P 01. | Zoran Đuroković, Danko Biondić RAZVOJNI INFRASTRUKTURNI PROJEKTI U VODNOM GOSPODARSTVU | 23 |
| P 02. | Dragan Zeljko MEĐUNARODNA SURADNJA U OKVIRU SAVSKE KOMISIJE | 53 |

TEMA 1. STANJE VODA I O VODI OVISNIH EKOSUSTAVA, HIDROLOŠKI EKSTREMI I NJIHOVE POSLJEDICE, TRENDVI - OBORINE, KOPNE NE POVRŠINSKE VODE, PODZEMNE VODE, PRIJELAZNE VODE I PRIOBALNO MORE

| | | |
|---------|---|-----|
| R 1.01. | Renata Sokol Jurković, Ivan Güttler UTJECAJ KOREKCIJE PRISTRANOSTI KLIMATSKIH MODELA NA STATISTIČKE MJERE TEMPERATURE I OBORINE | 67 |
| R 1.02. | Renata Sokol Jurković, Irena Nimac, Ksenija Cindrić Kalin O METODI I PROBLEMIMA IZRADE KRIVULJA INTENZITETA – TRAJANJA – POVRATNOG RAZDOBLJA | 75 |
| R 1.03. | Alan Cibilić, Darko Barbalić, Josip Rubinić, Barbara Karleuša, Nino Krvavica UPRAVLJANJE RIZICIMA OD POPLAVA USLIJED JAKIH OBORINA - PROJEKT RAINMAN | 85 |
| R 1.04. | Nino Krvavica, Josip Rubinić PROJEKT RAINMAN - REGIONALNE SPECIFIČNOSTI MJERODAVNIH JAKIH OBORINA NA PILOT PODRUČJIMA U HRVATSKOJ | 93 |
| R 1.05. | Josip Rubinić, Ksenija Cindrić Kalin, Maja Radišić, Ivan Güttler, Nino Krvavica PROJEKT RAINMAN - USPOREDBA PTP KRIVULJA OMBROGRAFSKIH POSTAJA NA PILOT PODRUČJIMA ISTRE I ZAGREBA | 101 |
| R 1.06. | Dijana Oskoruš, Tatjana Vujnović, Kornelija Macek, Marin Milin, Marko Džaja EKSTREMNI METEOROLOŠKI I HIDROLOŠKI DOGAĐAJI NA PODRUČJU KONAVOSKOG POLJA U 2018. GODINI | 111 |
| R 1.07. | Ksenija Cindrić Kalin, Ivana Marinović, Izidor Pelajić, Kornelija Špoler Čanić, Blaženka Matjačić, Lidija Srnec, Lovro Kalin REZULTATI PROJEKTA DRIDANUBE ZA HRVATSKU | 121 |
| R 1.08. | Damir Bekić, Klaudija Bašić, Tin Kulić, Danijel Bunić, Leonard Sekovanić, Tomislav Šlehta, Igor Tošić OPERATIVNI SUSTAV “MURADRAVA-FFS” KAO POMOĆ PRI UPRAVLJANJU DRAVSKIM HIDROELEKTRANAMA KOD VELIKIH VODA | 133 |
| R 1.09. | Stevan Prohaska, Aleksandra Ilić, Boris Pokorni KOINCIDENCIJA VELIKIH VODA NA ŠIREM SEKTORU UŠĆA REKE DRAVE U DUNAV PRIMENOM RAZLIČITIH PROCEDURA - MODELA PROIL I KOPULA | 143 |

| | | |
|---------|---|-----|
| R 1.10. | Siniša Maričić VODOSTAJI KOPAČKOG RITA - UGROZA MOČVARE | 153 |
| R 1.11. | Lidija Tadić, Tamara Brleković, Dunja Blažević, Ivan Leninger MONITORING UČINKOVITOSTI LATERALNOG KANALA ZMAJEVAC - KNEŽEVI VINOGRADI | 163 |
| R 1.12. | Renata Vidaković Šutić, Dijana Oskoruš PROGNOСТИČKI SUSTAV U FUNKCIJI PLOVIDBE DUNAVOM U REPUBLICI HRVATSKOJ | 173 |
| R 1.13. | Tatjana Mijušković - Svetinović, Marija Šperac, Matej Jelenić HIDROLOŠKA ANALIZA RIJEKE VUKE | 183 |
| R 1.14. | Ivana Bartolić, Mladen Petrićec, Filip Kalinić HIDROLOŠKI MODEL ZA KONTINUIRANU SIMULACIJU OTJECANJA U KRŠU | 191 |
| R 1.15. | Maja Radišić, Josip Rubinić, Andrijana Brozinčević, Nikola Markić, Željka Klemar, Igor Ružić VODNI SUSTAV PLITVIČKIH JEZERA - RECENTNI HIDROLOŠKI MEĐUODNOSI I UTJECAJI | 201 |
| R 1.16. | Dušan Trninić, Tomislava Bošnjak MOGUĆI UTJECAJ KLIMATSKIH PROMJENA NA OTJECANJE KORANE KOD LUKETIĆA | 211 |
| R 1.17. | Ranko Žugaj, Željko Štefanek, Ana Turčinov Mikulec VELIKE VODE NA MALIM SLIVOVIMA I PROBLEMI NJIHOVOG DEFINIRANJA | 221 |
| R 1.18. | Vedran Ivezić, Sanja Filipan, Vlatko Kadić HIDROLOŠKI EKSTREMI NA SLIVU RIJEKE BREGANE | 231 |
| R 1.19. | Vedran Ivezić, Damir Bekić, Tomislav Suton PROCJENA BILANCE VODA NA SLIVU RIJEKE KRAPINE KORIŠTENJEM SUVREMENIH TEHNIKA | 241 |
| R 1.20. | Vedran Ivezić, Damir Bekić, Filip Ferenčak INTEGRIRANI RAŠČLANJENI MODEL BILANCE VODA "IVOR" | 251 |
| R 1.21. | Filip Kalinić, Ivana Ivanković, Ivana Bartolić, Mladen Petrićec UTJECAJ PRAGA KOD TE - TO ZAGREB NA VODOSTAJE RIJEKE SAVE I PODZEMNE VODE ZAOTALJA | 261 |
| R 1.22. | Neven Trenc, Aljoša Duplić, Ramona Topić, Bojan Matoš, Josipa Velić, Marko Čaleta, Ian C. Fuller MORFOLOŠKE PROMJENE I PROMJENE USLUGA EKOSUSTAVA SAVE U BLIZINI ZAGREBA | 269 |
| R 1.23. | Draženka Stipanićev, Siniša Repec POJAVNOST RAZLIČITIH SKUPINA FARMACEUTIKA U RIJECI SAVI | 279 |
| R 1.24. | Palma Orlović - Leko, Irena Ciglencečki, Ivan Šimunić, Jelena Dautović RAZINE ORGANSKOG UGLJIKA U GLAVNOM MELIORACIJSKOM KANALU (LONJSKO POLJE) | 287 |

| | | |
|---------|---|-----|
| R 1.25. | Stevan Prohaska, Vladislava Bartoš Divac, Milena Jelovac, Aleksandra Ilić STATISTIČKA ZNAČAJNOST ISTORIJSKIH POPLAVA SAVE U PROFILU ŽUPANJA | 293 |
| R 1.26. | Josip Rubinić, Maja Radišić, Gordana Bušelić, Maja Čuže Denona KRIPTODEPRESIJE JEZERSKIH SUSTAVA NA PODRUČJU HRVATSKOG PRIOBALJA - HIDROLOŠKO STANJE I RIZICI OD NEŽELJENIH PROMJENA | 301 |
| R 1.27. | Nevenka Ožanić, Ivana Sušanj Čule, Goran Volf, Nino Krvavica, Elvis Žic HIDROLOŠKA ANALIZA VARIJACIJA RAZINE VODE JEZERA VRANA NA OTOKU CRESU | 311 |
| R 1.28. | Ivan Martinić, Ivan Čanjevac, Ivan Vučković, Nenad Buzjak, Luka Valozić HIDROMORFOLOŠKO STANJE PRIRODNIH JEZERA U HRVATSKOJ | 321 |
| R 1.29. | Ivančica Ternjej, Zlatko Mihaljević DUGOTRAJNE PROMJENE U SASTAVU ZAJEDNICE PLANKTONSKIH RAKOVA AKUMULACIJE BUTONIGA | 331 |
| R 1.30. | Natalija Vučković, Ivana Pozojević, Mladen Kerovec, Marina Vilenica, Valentina Dorić, Ana Previšić, Ivančica Ternjej, Sanja Gottstein, Zlatko Mihaljević USPOREDBA METODA EVALUACIJE EKOLOŠKOG POTENCIJALA AKUMULACIJSKOG JEZERA BRLJAN POMOĆU MAKROZOOBENTOSA PROFUNDALA I LITORALA | 341 |
| R 1.31. | Dušica Ivanković, Paula Dragičević, Zrinka Dragan, Jasna Lajtner, Nesrete Krasnići, Vlatka Filipović Marijić, Tatjana Mijošek, Zuzana Redžović, Marijana Erk KONCENTRACIJE METALA U VODI I ŠKOLJKAŠIMA BRLJANSKOG I VISOVAČKOG JEZERA | 351 |
| R 1.32. | Dijana Oskoruš, Nino Krvavica, Mirjana Švonja METODA PRORAČUNA DNEVNIH PROTOKA NERETVE U METKOVIĆU | 361 |
| R 1.33. | Zlatko Mihaljević, Gorazd Urbanić, Ivančica Ternjej SUSTAV OČJENE EKOLOŠKOG STANJA VELIKIH RIJEKA TEMELJEM MAKROZOOBENTOSA | 371 |
| R 1.34. | Goran Volf UPOTREBA STROJNOG UČENJA U MODELIRANJU VODENIH EKOSUSTAVA | 381 |
| R 1.35. | Neven Bujas, Jasmina Antolić, Đorđa Medić POPIS PRAČENJA | 391 |
| R 1.36. | Siniša Repec, Draženka Stipaničev ESTROGENI SPOJEVI U POVRŠINSKOJ VODI | 399 |
| R 1.37. | Andrej Vidmar, Simon Rusjan, Nejc Bezak, Andrej Kryžanowski, Mitja Brilly ODREĐIVANJE KARAKTERISTIKA SLIVA POMOĆU HIDROLOŠKO HIDRAULIČKIH MODELA I HIDROLOŠKE ANALIZE, PRIMJER SLIVA REKE SAVINJE | 407 |
| R 1.38. | Omer Kovčić, Nedim Suljić, Mufid Tokić ANALIZA DOTOKA U HIDROAKUMULACIJU “MODRAC”, PADALINA I KOEFICIJENATA OTJECANJA ZA SLIVNO PODRUČJE HIDROAKUMULACIJE “MODRAC” | 417 |

| | | |
|---------|--|------------|
| R 1.39. | Zoran Nakić, Zoran Kovač, Jelena Parlov, Dario Perković OCJENA STANJA I PROCJENA RIZIKA ZA GRUPIRANA TIJELA PODZEMNIH VODA U PANONSKOM DIJELU REPUBLIKE HRVATSKE .. | 427 |
| R 1.40. | Hrvoje Meaški, Ranko Biondić, Jelena Loborec, Karlo Leskovar KRŠKI IZVORI U VARAŽDINSKOJ ŽUPANIJI | 437 |
| R 1.41. | Ivica Pavičić, Tatjana Vlahović, Željko Duić, Kosta Urumović, Dubravko Domitrović, Ivan Dragičević, Ilija Ravnjak ODREĐIVANJE HIDRAULIČKE VODLJIVOSTI I OCJEDITE POROZNOŠTI TEKTOFACIJESA DOLOMITNOG GRUSA ŽUMBERAČKIH GORNJOTRIJASKIH DOLOMITA | 447 |
| R 1.42. | Maja Oštrić, Helena Radeljak, Želimir Pekaš ANALIZA PROVEDENIH MIKROZONIRANJA NA PODRUČJU JADRANSKOG SLIVA | 457 |
| R 1.43. | Alma Tudić KEMIJSKO STANJE PODZEMNIH VODA NA MONITORING POSTAJAMA NA PODRUČJU JADRANA U 2017. GODINI | 467 |
| R 1.44. | Maja Oštrić, Nataša Mihelčić, Gordana Stojić PREGLED STANJA ZAŠTITE IZVORIŠTA NA PODRUČJU SJEVERNOGA JADRANA | 473 |
| R 1.45. | Elvis Žic, Nevenka Ožanić KOLEBANJE RAZINA PODZEMNIH VODA NA KLIZIŠTU GROHOVO ZA RAZDOBLJE 2016. - 2018. GODINE | 483 |
| R 1.46. | Goran Gjetvaj, Hrvoje Patrk, Goran Lončar, Marko Kardum PROJEKT AMIIGA - INTEGRIRANI PRISTUP UPRAVLJANJU KVALITETOM PODZEMNIH VODA | 493 |
| R 1.47. | Jelena Loborec, Dragana Dogančić, Sanja Kapelj MONITORING PODZEMNIH VODA U KRŠKOM VODONOSNIKU IZRADOM ISTRAŽNIH BUŠOTINA | 503 |
| R 1.48. | Jasmina Lukač Reberski, Josip Terzić, Ana Selak, Ivana Boljat “NOVI ONEČIŠĆIVAČI” U PODZEMNIM VODAMA HRVATSKE – PRIMJER PROJEKATA GEOTWINN I BODEREC-CE | 513 |
| R 1.49. | Daria Čupić, Alena Vlašić, Ozren Larva PRISTUP UPRAVLJANJU GEOTERMALNIM I MINERALNIM VODAMA U REPUBLICI HRVATSKOJ | 523 |
| R 1.50. | Miha Curk, Matjaž Glavan, Marina Pintar PERSPECTIVES FOR IMPROVING GROUNDWATER PROTECTION ON ALLUVIAL PLAIN IN SLOVENIA | 537 |
| R 1.51. | Anita Erdelez, Martina Furdek, Anamaria Štambuk, Ivan Župan, Melita Peharda PRIJEDLOG PRIMJENE IMPOSEKSA KOD OCJENE EKOLOŠKOG STANJA PRIOBALNIH VODA JADRANA | 545 |
| R 1.52. | Martina Furdek Turk, Maja Ivanić, Matic Bergant, Janez Ščančar, Nevenka Mikac PRAĆENJE ZAGAĐENJA OBALNOG PODRUČJA HRVATSKOG JADRANA TRIBUTIL KOSITROVIM SPOJEVIMA | 555 |

| | | |
|---------|--|-----|
| R 1.53. | Jelena Dautović, Vjeročka Vojvodić, Nataša Tepić, Božena Ćosović, Irena Ciglencečki PROMJENE SVOJSTAVA ORGANSKE TVARI U SJEVERNOM JADRANU: REZULTATI DUGOROČNIH ISTRAŽIVANJA | 565 |
| R 1.54. | Jere Veža, Grozdan Kušpilić PARTIKULARNI FOSFOR U PRIJELAZNIM I PRIOBALNIM VODAMA SREDNJEG JADRANA | 573 |
| R 1.55. | Darija Vukić Lušić, Anamarija Kolda, Ana Gavrilović, Jura Jug - Dujkaković, Snježana Kazazić, Kristina Pikelj, Irena Vardić Smrzlić, Lorena Perić, Jakov Žunić, Brigita Hengl, Dražen Knežević, Damir Kapetanović MIKROBNA EKOLOGIJA - POKAZATELJ ZDRAVSTVENOG STANJA MORSKOG OKOLIŠA U MALOSTONSKOM ZALJEVU | 585 |

**TEMA 2. SUSTAVI UREĐENJA I KORIŠTENJA VODA I ZEMLJIŠTA - STANJE I
RAZVOJNI PROJEKTI**

| | | |
|---------|---|-----|
| R 2.01. | Darko Barbalić, Sanja Barbalić, Danko Biondić NOVELACIJA PRETHODNE PROCJENE RIZIKA OD POPLAVA | 595 |
| R 2.02. | Darko Barbalić, Luka Vukmanić, Danko Biondić PREGLED POPLAVNIH DOGAĐAJA PREMA REGISTRU POPLAVNIH DOGAĐAJA | 605 |
| R 2.03. | Andrej Vidmar, Katarina Zabret, Klaudija Sapač, Petra Pergar, Andrej Kryžanowski DEVELOPMENT OF AN APPLICATION FOR ESTIMATING THE BENEFITS OF STRUCTURAL AND NON - STRUCTURAL MEASURES FOR FLOOD RISK REDUCTION | 615 |
| R 2.04. | Marija Sabolić, Ramona Topić, Aljoša Duplić, Petra Lunko, Daniela Schneider, Neven Trenc VODNO GOSPODARSTVO I ZAŠTITA PRIRODE - ZAJEDNIČKO OČUVANJE VODENIH EKOSUSTAVA | 625 |
| R 2.05. | Tomislav Novosel OBRANA OD POPLAVA U SKLOPU ZAŠTITE PRIRODE | 631 |
| R 2.06. | Ines Marasović, Barbara Karleuša, Nevena Dragičević PRIMJENA VIŠEKRITERIJSKE ANALIZE U UPRAVLJANJU PODRUČJIMA IZLOŽENIM EROZIJSKIM PROCESIMA | 641 |
| R 2.07. | Sanda Kolarić Buconjić, Zoran Marković PROJEKT „FRISCO 1“ | 651 |
| R 2.08. | Goran Martinez MONITORING PROPISANIH UVJETA ZAŠTITE PRIRODE PRILIKOM REKONSTRUKCIJE MURSKOG NASIPA | 667 |
| R 2.09. | Matko Biščan, Kruna Marković, Berislav Marković, Perica Bušić, Marijana Kotaran Munda, Renata Vidaković Šutić REVITALIZACIJA RUKAVACA NA RIJECI DRAVI U SKLOPU DRAVA LIFE PROJEKTA | 673 |
| R 2.10. | Renata Vidaković Šutić PROVJERA UČINKOVITOSTI SUSTAVA ZA OBRANU OD POPLAVA NA RIJECI DRAVI KORIŠTENJEM 2D MODELA | 683 |

| | | |
|---------|---|-----|
| R 2.11. | Zdenko Tadić ANALIZA RIZIKA OD LEDENIH POPLAVA NA RIJECI DRAVI | 691 |
| R 2.12. | Gordon Gilja, Dora Jelić, Neven Kuspilić MORFODINAMIČKE ANALIZE VARIJANTNIH RJEŠENJA UREĐENJA UŠĆA RIJEKE DRAVE | 701 |
| R 2.13. | Diana Šustić, Zdenko Tadić, Branimir Barač, Igor Tadić, Želimir Marojević HIDROLOŠKO-HIDRAULIČKE ANALIZE PROBLEMATIKE ZAŠTITE OD POPLAVA GRADA OGULINA | 713 |
| R 2.14. | Dario Kolarić, Željko Tusić SUSTAV OBRANE OD POPLAVA GRADA KARLOVCA - OSJETLJIVOST ULAZNIH PARAMETARA | 723 |
| R 2.15. | Enes Obarčanin, Dario Kolarić, Željko Tusić, Sanda Kolarić Buconjić UNAPRJEĐENJE SUSTAVA OBRANE OD POPLAVA NA RIJECI SAVI OD JESENICA DO NOVE GRADIŠKE | 735 |
| R 2.16. | Žana Bašić, Enes Obarčanin, Željko Tusić MODERNIZACIJA LIJEVOOBALNIH SAVSKIH NASIPA OD RAČINOVACA DO NOVE GRADIŠKE - OKOLIŠNI ASPEKT | 745 |
| R 2.17. | Danko Holjević, Tatjana Holjević, Ena Holjević RENATURALIZACIJA DONJEG TOKA RJEČINE, MOGUĆNOSTI I IZAZOVI | 755 |
| R 2.18. | Mate Dabro, Čedo Radić, Mirjana Švonja VIŠENAMJENSKI HIDROENERGETSKI PROJEKT REVERZIBILNA HIDROELEKTRANA BLACA | 763 |
| R 2.19. | Mirjana Švonja, Mate Dabro, Čedo Radić SMANJENJE RIZIKA OD POPLAVA U SINJSKOM POLJU IZGRADNJOM RHE BLACA | 773 |
| R 2.20. | Davor Romić, Monika Zovko, Marina Bubalo Kovačić, Gabrijel Ondrašek, Helena Bakić Begić, Marija Romić PROCESI, DINAMIKA I TREND ZASLANJENJIVANJA VODA I TLA U POLJOPRIVREDNOM PODRUČJU DOLINE RIJEKE NERETVE | 783 |
| R 2.21. | Mijo Vranješ UREĐENJE PODRUČJA DONJE NERETVE | 793 |
| R 2.22. | Josip Marušić, Danko Holjević HIDROMELIORACIJSKI SUSTAVI ZA ODVODNJU U FUNKCIJI OPTIMALNOG VODNOZRAČNOG REŽIMA POLJOPRIVREDNIH ZEMLJIŠTA | 809 |
| R 2.23. | Tamara Brleković, Lidija Tadić USPOREDBA KONCENTRACIJA NITRATA, OBORINA I RAZINA PODZEMNIH VODA OPAŽENIH NA POKUSNOJ DIONICI KANALA | 825 |
| R 2.24. | Marija Leko - Kos, Lidija Tadić PRIKAZ ISTRAŽIVANJA ZADRŽAVANJA TEŠKIH METALA U NANOSU MELIORACIJSKIH KANALA | 835 |

| | | |
|---------|--|-----|
| R 2.25. | Gabrijel Ondrašek, Monika Zovko, Vilim Filipović, Lana Filipović, Filip Kranjčec, Marina Bubalo Kovačić, Nada Maurović, Željko Andabaka, Edi Maletić, Vedran Krevh, Davor Romić DINAMIKA POVRŠINSKOG OTJECANJA I KONCENTRACIJE NITRATA S NAGNUTOG VINOGRADARSKOG POLOŽAJA USLIJED RAZLIČITOG INTENZITETA OBORINA | 843 |
| R 2.26. | Milan Mesić, Željka Zgorelec, Aleksandra Perčin, Ivana Šestak, Marija Galić UČINKOVITOST CIJEVNE DRENAŽE NA PSEUDOGLEJU MJERENA U 20 – GODIŠNJEM RAZDOBLJU | 853 |
| R 2.27. | Danijel Ivanišević, Ivan Mišur, Ana Čaić Janković, Ajka Šorša, Josip Halamić, Đorđa Medić, Jasmina Antolić, Aleksandra Kovačević, Jelena Vićanović SIMONA - PROJEKT USPOSTAVE SUSTAVA NADZORA KAKVOĆE DRENAŽNOG SEDIMENTA DUNAVSKOG SLIJEVA | 861 |
| R 2.28. | Stjepan Husnjak, Domagoj Rastija POGODNOST POLJOPRIVREDNOG ZEMLJIŠTA ZA NAVODNJAVANJE NA LOKACIJAMA IDEJNIH PROJEKATA SUSTAVA NAVODNJAVANJA U REPUBLICI HRVATSKOJ | 869 |
| R 2.29. | Danko Holjević, Rene Lustig, Marinko Galiot, Marko Blagus, Zoran Jakelić, Mario Bagarić ANALIZA ODABIRA TEHNIČKIH RJEŠENJA ZAHVATA VODE IZ VODOTOKA ZA POTREBE NAVODNJAVANJA | 879 |
| R 2.30. | Antonija Cikojević, Gordon Gilja, Eva Ocvirk, Neven Kuspilić UTJECAJ OBLIKA USMJERIVAČA TOKA NA POLJE BRZINE U DOVODNOM KANALU | 891 |
| R 2.31. | Marko Josipović, Antun Jambrović, Jasna Šoštarić, Monika Marković, Miroslav Dadić, Hrvoje Plavšić UTJECAJ NAVODNJAVANJA I GNOJIDBE DUŠIKOM NA UROD I KAKVOĆU ZRNA KUKURUZA (ZEA MAYS L.) | 901 |
| R 2.32. | Nenad Heček PLANOVI NAVODNJAVANJA I ULOGA VIŠENAMJENSKIH AKUMULACIJA NA DRAVI U NJIHOVOJ REALIZACIJI | 915 |
| R 2.33. | Dragutin Petošić, Ivan Mustać, Vilim Filipović, Nada Maurović KONTINUIRANO PRAĆENJE VODNOG REŽIMA TALA I KAKVOĆE VODA U AGROEKOSUSTAVIMA NA PODRUČJU MELIORACIJSKOG KANALA ZA NAVODNJAVANJE BIĐ - BOSUTSKOG POLJA | 923 |
| R 2.34. | Siniša Družeta, Bojan Crnković, Jerko Škifić, Danko Holjević ANALIZA POJAVE HIDRAULIČKOG UDARA NA SUSTAVU NAVODNJAVANJA VALTURA | 933 |
| R 2.35. | Berislav Glavaš, Zoran Jakelić, Ivna Sinovčić Jović OPTIMALIZACIJA PROJEKTOG RJEŠENJA SUSTAVA NAVODNJAVANJA LIŠANSKO POLJE – PODRUČJE ŽAŽVIĆ S PRIKAZOM ANALIZE NESTACIONARNIH POJAVA | 943 |
| R 2.36. | Toni Carević NAVODNJAVANJE SINJSKOG POLJA – KAKO POSTIĆI ODRŽIVOST? | 955 |

| | | |
|---------|---|------|
| R 2.37. | Marko Stepić, Elvis Žic SUSTAV ZA ZASNJEŽENJE STAZA ZA SKIJAŠKO TRČANJE JAVOROVA KOSA | 965 |
| R 2.38. | Dušan Jelić, Eva Ocvirk, Gordon Gilja, Antonija Cikojević FUNKCIONALNOST RIBLJIH STAZA | 975 |
| R 2.39. | Gordon Gilja, Matea Marić, Damjan Bujak, Eva Ocvirk HIDRAULIČKA ANALIZA RIBLJIH STAZA DENILOVOG TIPA | 985 |
| R 2.40. | Tin Kulić, Damir Bekić, Hrvoje Šolman, Nikola Meheš PRIMJENA BIM PRISTUPA KOD UPRAVLJANJA MOSTOVIMA NA RIJEKAMA | 995 |
| R 2.41. | Damjan Bujak, Dalibor Carević, Goran Lončar DJELOVANJE PLIMNIH OSCILACIJA NA CIRKULACIJU KROZ PROPUSTE | 1005 |

**TEMA 3. SUSTAVI JAVNE VODOOPSKRBE, ODVODNJE I PROČIŠĆAVANJA
OTPADNIH VODA - STANJE I RAZVOJNI PROJEKTI**

| | | |
|---------|--|------|
| R 3.01. | Goran Milaković, Olivera Šegedin PRIPREMA I ODOBRENJE VODNO-KOMUNALNOG PROJEKTA ZA EU SUFINANCIRANJE | 1017 |
| R 3.02. | Berislav Marojević, Ivana Bašić, Petar Peroš IZAZOVI U PROVEDBI EU PROJEKATA | 1031 |
| R 3.03. | Mariela Sjekavica Klepo, Robert Kartelo ANALIZA ULOGE I ODGOVORNOSTI VODITELJA PROJEKATA SUFINANCIRANIH SREDSTVIMA EUROPSKE UNIJE | 1043 |
| R 3.04. | Dražen Vouk, Luka Konosić, Ivona Petković PRIMJENA THP - PROCESA NA UPOV-IMA - PRIMJER NA UPOV-U RIJEKA | 1057 |
| R 3.05. | Nataša Todorčić Rex, Ninoslav Rex, Damjan Nemeč, Danko Mihelčić, Toni Holjević RJEŠENJE ODVODNJE I PROČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA GRADA DUBROVNIKA | 1071 |
| R 3.06. | Željko Rozić URBANI VODNI SUSTAV U FUNKCIJI ZAŠTITE OKOLIŠA | 1079 |
| R 3.07. | Igor Dundović, Matej Fremec, Jasna Zima, Zdenko Tadić, Ante Kristić, Branimir Barač HIDRAULIČKI MODEL VODOOPSKRBNOG SUSTAVA OSIJEK S ANALIZOM VODNIH GUBITAKA I DINAMIČKIM PRIKAZOM REZULTATA KORISTEĆI TOPOLOŠKI GIS MODEL U 3D OKRUŽENJU | 1091 |
| R 3.08. | Jure Margeta KLIMATSKE PROMJENE, EKSTREMNA STANJA NA KRŠKIM IZVORIMA I NJIHOV UTJECAJ NA ODRŽIVOST VODOOPSKRBE | 1103 |
| R 3.09. | Lado Kranjčević, Hana Salamun, Siniša Družeta, Luka Grbčić NUMERIČKA ANALIZA KVALITETE TOPLE VODE U CILJU KONTROLE RIZIKA RAZVOJA LEGIONELE | 1113 |

| | | |
|---|--|------|
| R 3.10. | Dino Obradović, Marija Šperac, Željko Koški UPOTREBA KIŠNICE U ZGRADAMA | 1121 |
| R 3.11. | Stefano Biondi, Jovan Despotović, Francesca Sambo, Michelle Arnoffi, Jasna Plavšić, Aleksandar Djukić, Andrijana Todorović, Dušan Prodanović REAL - TIME MANAGEMENT OF HIGHWAY RUNOFF: TREATMENT OF CHRONIC EFFECTS AND PROTECTION FROM ACUTE EFFECTS ON THE ENVIRONMENT CAUSED BY LIQUID SPILLS | 1129 |
| <hr/> TEMA 4. VODNA POLITIKA, OBRAZOVANJE, VODNOGOSPODARSKO PLANIRANJE, MEĐUNARODNA SURADNJA I SUDJELOVANJE JAVNOSTI <hr/> | | |
| R 4.01. | Desanka Sarvan ZAKONODAVNO UREĐENJE LJUDSKOG PRAVA NA VODU U REPUBLICI HRVATSKOJ | 1139 |
| R 4.02. | Josip Marušić ZNAČENJE VODNOGOSPODARSKIH DJELATNOSTI I USTROJSTVO DRŽAVNE UPRAVE ZA VODE | 1147 |
| R 4.03. | Irena Ciglencečki, Milan Čanković, Marija Marguš, Ivica Janeković VAŽNOST DUGOROČNIH ISTRAŽIVANJA U OKOLIŠU | 1159 |
| R 4.04. | Marina Barbalić, Darko Barbalić, Đorđa Medić, Danko Biondić PLAN UPRAVLJANJA VODNIM PODRUČJIMA U PRAKSI - INFORMACIJE O VODNIM TIJELIMA I RIZICIMA OD POPLAVA | 1167 |
| R 4.05. | Gorana Ćosić - Flajsig, Ivan Vučković, Barbara Karleuša USLUGE EKOSUSTAVA U INTEGRALNOM UPRAVLJANJU VODAMA ... | 1177 |
| R 4.06. | Gorana Ćosić - Flajsig, Dejan Kovačević, Doroteja Deak PRIMJENA ZELENE INFRASTRUKTURE U URBANIM PODRUČJIMA NA PRIMJERU DIJELA GRADSKE ČETVRTI SOPOT U ZAGREBU | 1187 |
| R 4.07. | Barbara Karleuša, Nevena Dragičević, Nevenka Ožanić, Ivana Sušanji Čule JAČANJE KURIKULUMA DIPLOMSKIH STUDIJA U UPRAVLJANJU VODNIM RESURSIMA - PROJEKT SWARM | 1197 |
| R 4.08. | Enikő Anna Tamás, Dejana Đorđević, Jovan Despotović, György Varga, László Mrekva INTERNATIONAL POSTGRADUATE COURSE ON FLOOD MANAGEMENT AT THE RIVER DANUBE BASIN | 1205 |
| KAZALO AUTORA | | 1217 |

UVOD

Sedma hrvatska konferencija o vodama održana je od 30. svibnja do 1. lipnja 2019. godine u Opatiji pod motom **HRVATSKE VODE U ZAŠTITI OKOLIŠA I PRIRODE**. Na konferenciji se kroz četiri tradicionalne znanstveno - stručne teme:

- 1. Stanje voda i o vodi ovisnih ekosustava, hidrološki ekstremi i njihove posljedice, trendovi - oborine, kopnene površinske vode, podzemne vode, prijelazne vode i priobalno more,**
- 2. Sustavi uređenja i korištenja voda i zemljišta - stanje i razvojni projekti,**
- 3. Sustavi javne vodoopskrbe, odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda - stanje i razvojni projekti,**
- 4. Vodna politika, obrazovanje, vodnogospodarsko planiranje, međunarodna suradnja i sudjelovanje javnosti,**

sveobuhvatno i interdisciplinarno raspravljalo o stanju voda i upravljanju vodama u Hrvatskoj, a rasprave su rezultirale korisnim smjernicama za budućnost.

Upravljanje vodama prema zahtjevima europske pravne stečevine donijelo je nove vrijednosti hrvatskom vodnom gospodarstvu. Provodi se Okvirna direktiva o vodama koja ima za cilj postizanje i očuvanje dobrog stanja svih voda - kopnenih površinskih, podzemnih, prijelaznih i priobalnih, a razvojni projekti ostvaruju se uz poštivanje najviših standarda zaštite okoliša i prirode.

Klimatske promjene su evidentne, a hidrološki ekstremi poplave i suše sve su izraženiji. Prilagodba klimatskim promjenama trajna je zadaća, za što je nužno na održiv način razvijati i održavati vodnogospodarske i vodnokomunalne sustave.

Uz korištenje sredstava iz europskih fondova, razvoj vodne infrastrukture danas je značajno intenziviran u odnosu na ranija razdoblja. Radi se mnogo, ali još uvijek ima puno prostora za bolju apsorpciju raspoloživih financijskih sredstava, što je veliki izazov za sve sudionike u upravljanju vodama - za državne institucije, za različite korisnike voda i zemljišta, za komunalna društva, za visokoškolske i znanstvene ustanove, te za projektantske i izvođačke tvrtke. U budućem razdoblju stoga je nužno jačanje stručnih kapaciteta na svim razinama.

Međunarodna vodnogospodarska suradnja nezaobilazan je čimbenik u održivom upravljanju vodama. Osim tradicionalne bilateralne suradnje sa susjednim državama, od velikog je značenja multilateralna suradnja na razini Europske komisije, na razini velikih međunarodnih slivova Dunava i Save, te na razini Sredozemnog mora.

U okviru konferencije bio je organiziran i okrugli stol na temu međunarodne suradnje u vodnom gospodarstvu.

Osim znanstvenika i stručnjaka iz Hrvatske, na sedmoj hrvatskoj konferenciji o vodama sudjelovali su i inozemni znanstvenici i stručnjaci, koji su iznosili iskustva iz svojih zemalja u upravljanju vodama. Radovi objavljeni u Zborniku radova pisani su na službenim jezicima konferencije, hrvatskom i engleskom jeziku. Nekoliko radova pisanih na bosanskom i srpskom jeziku objavljeno je u izvornicima i nisu prevedeni na hrvatski jezik.

Organizatori konferencije:

Hrvatska komora inženjera građevinarstva, Hrvatski savez građevinskih inženjera, Hrvatsko biološko društvo, Hrvatsko društvo kemijskih inženjera, Hrvatsko društvo za odvodnju i navodnjavanje, Hrvatsko društvo za velike brane, Hrvatsko društvo za zaštitu voda, Hrvatsko ekološko društvo, Hrvatsko geografsko društvo, Hrvatsko geološko društvo, Hrvatsko hidrološko društvo, Hrvatsko ihtiološko društvo, Hrvatsko meteorološko društvo, Hrvatsko tloznanstveno društvo, Hrvatska udruga za sanitarno inženjerstvo, Udruga za očuvanje hrvatskih voda i mora - Slap, Hrvatsko udruženje slatkovodnih ekologa.

Glavni tradicionalni suorganizator konferencije:

Hrvatske vode.

Visoki pokrovitelji konferencije:

- Predsjednica Republike Hrvatske gospođa Kolinda Grabar - Kitarović,
- Ministarstvo zaštite okoliša i energetike.

Počasni odbor konferencije:

- Tomislav Čorić, ministar zaštite okoliša i energetike,
- Mario Šiljeg, državni tajnik u Ministarstvu zaštite okoliša i energetike,
- Elizabeta Kos, pomoćnica ministra u Ministarstvu zaštite okoliša i energetike,
- Zoran Đuroković, generalni direktor Hrvatskih voda,
- Davor Vukmirić, zamjenik generalnog direktora Hrvatskih voda,
- Valentin Dujmović, zamjenik generalnog direktora Hrvatskih voda.

Znanstveno - stručni odbor konferencije:

Danko Biondić - predsjednik, Roko Andričević, Marijan Babić, Darko Barbalić, Sanja Barbalić, Ranko Biondić, Zlatko Blažević, Gordana Bušelić, Irena Ciglencečki - Jušić, Ksenija Cindrić Kalin, Ivan Čanjevac, Marko Čaleta, Gorana Čosić - Flajsig, Mate Dabro, Goran Granić, Danko Holjević, Bojana Horvat, Ivana Ivanković, Marko Josipović, Barbara Karleuša, Neven Kuspilić, Grozdan Kušpilić, Željko Linšak, Jure Margeta, Josip Marušić, Vladimir Mićović, Zlatko Mihaljević, Marko Miliša, Zoran Nakić, Maja Oštrić, Nevenka Ožanić, Mara Pavelić, Željko Pavlin, Mladen Petrićec, Anđelka Plenković - Moraj, Davor Romić, Marija Romić, Josip Rubinić, Siniša Širac, Marija Šperac, Lidija Tadić, Josip Terzić, Dušan Trninić, Tatjana Vlahović, Darija Vukić Lušić, Ranko Žugaj.

Organizacijski odbor konferencije:

Danko Holjević - predsjednik, Danko Biondić, Gorana Čosić - Flajsig, Marko Filipović, Gordan Gašparović, Stjepan Kamber, Elizabeta Kos, Andrej Marochini, Ervino Mrak, Ivica Plišić, Ljiljana Vidmar Erjavac.

Zbornik radova sadrži 117 radova izloženih na 7. hrvatskoj konferenciji o vodama u oblicima usmenog izlaganja ili postera. Objavljene radove pripremila je ukupno 327 autora i koautora iz Hrvatske i inozemstva, od čega 286 autora i koautora iz Hrvatske (87 %)

i 41 autora i koautora iz inozemstva (13 %). Inozemni autori i koautori dolaze iz sljedećih 8 država (abecednim redom): Bosna i Hercegovina (7), Italija (3), Mađarska (3), Novi Zeland (1), Sjedinjene Američke Države (1), Slovenija (14), Srbija (11) i Velika Britanija (1). Sve radove osim referata po pozivu recenzirali su članovi Znanstveno - stručnog odbora konferencije. Radovi su podijeljeni u referate po pozivu, te u četiri znanstveno - stručne teme.

Referati po pozivu:

2 rada, urednik: Danko Biondić.

Tema 1.: Stanje voda i o vodi ovisnih ekosustava, hidrološki ekstremi i njihove posljedice, trendovi - padaline, kopnene površinske vode, podzemne vode, prijelazne vode i priobalno more

55 radova, recenzenti: Roko Andričević, Marijan Babić, Danko Biondić, Ranko Biondić, Gordana Bušelić, Irena Ciglencečki - Jušić, Ksenija Cindrić Kalin, Ivan Čanjevac, Mate Dabro, Bojana Horvat, Neven Kuspilić, Grozdan Kušpilić, Željko Linšak, Vladimir Mićović, Zlatko Mihaljević, Marko Miliša, Zoran Nakić, Maja Oštrić, Nevenka Ožanić, Mara Pavelić, Mladen Petrićec, Anđelka Plenković - Moraj, Josip Rubinić, Lidija Tadić, Josip Terzić, Dušan Trninić, Tatjana Vlahović, Darija Vukić Lušić, Ranko Žugaj.

Tema 2.: Sustavi uređenja i korištenja voda i zemljišta - stanje i razvojni projekti

41 rad, recenzenti: Roko Andričević, Marijan Babić, Darko Barbalić, Sanja Barbalić, Danko Biondić, Gorana Ćosić - Flajsig, Goran Granić, Danko Holjević, Ivana Ivanković, Marko Josipović, Barbara Karleuša, Neven Kuspilić, Jure Margeta, Josip Marušić, Zoran Nakić, Nevenka Ožanić, Željko Pavlin, Mladen Petrićec, Davor Romić, Marija Romić, Marija Šperac, Dušan Trninić.

Tema 3.: Sustavi javne vodoopskrbe, odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda - stanje i razvojni projekti

11 radova, recenzenti: Danko Biondić, Zlatko Blažević, Barbara Karleuša, Željko Linšak, Jure Margeta, Mara Pavelić, Siniša Širac, Lidija Tadić, Ranko Žugaj.

Tema 4.: Vodna politika, obrazovanje, vodnogospodarsko planiranje, međunarodna suradnja i sudjelovanje javnosti

8 radova, recenzenti: Sanja Barbalić, Danko Biondić, Marko Čaleta, Neven Kuspilić, Jure Margeta.

Organizatori 7. hrvatske konferencije o vodama zahvaljuju Visokim pokroviteljima, članovima Počasnog odbora, glavnom tradicionalnom suorganizatoru, članovima Znanstveno - stručnog odbora, članovima Organizacijskog odbora, sponzorima, donatorima i svim ostalim sudionicima na njihovom doprinosu uspjehu konferencije.

Predsjednik Znanstveno - stručnog odbora 7. hrvatske konferencije o vodama

doc.dr.sc. Danko Biondić



R 1.34.

UPOTREBA STROJNOG UČENJA U MODELIRANJU VODENIH EKOSUSTAVA

Goran Volf

SAŽETAK: Značenje vode, uz energiju i hranu kao jednog od tri glavna sigurnosna pitanja zaštite i očuvanja okoliša koja su međusobno povezana pružaju brojne mogućnosti za upotrebu strojnog učenja na raznim problemima povezanim uz vodu, konkretno u ovom slučaju modeliranju vodenih ekosustava. Značajni tehnološki napredak u raznim područjima povezanih sa vodom donosi sa sobom i velike količine dostupnih podataka te samim time zahtjevi za određenim rješenjima i alatima za rad na tim problemima postaju sve izraženiji.

Numerički modeli imaju široku primjenu u poboljšanju i razumijevanju upravljanja vodenim (eko)sustavima. Međutim, takvi modeli često zahtijevaju značajne resurse za proračun, a često i određene podatke kojima bi se ograničila struktura i parametri modela. Samim time, modeli pogonjeni podacima (engl. „Data-Driven Models“) temeljeni su na tehnikama strojnog učenja te nastoje pružiti korisniku „mapiranje“ između ulaza i izlaza danog sustava, s malo prethodnog znanja o procesima unutar tog sustava, a sami modeli pojavili su se kao privlačna opcija za predviđanje i klasifikaciju vodenih (eko)sustava. Glavna prednost takvih modela je brzo vrijeme izvršavanja što omogućuje korisniku više evaluacija modela, te samim time ti modeli imaju široku primjenu u rješavanju različitih problema povezanih sa vodom, a pogotovo kod modeliranja vodenih (eko)sustava.

U ovom radu prikazat će se primjena dvije tehnike strojnog učenja koje su korištene za izradu modela vodenih ekosustava.

KLJUČNE RIJEČI: strojno učenje, vodni ekosustavi, ekološko modeliranje

USE OF MACHINE LEARNING IN MODELLING AQUATIC ECOSYSTEMS

ABSTRACT: The importance of water, in addition to energy and food, as one of the three major, interconnected safety concerns with regard to environmental protection and conservation provides numerous opportunities to use machine learning techniques on various water-related issues, specifically modelling aquatic ecosystems. Significant technological advances in various water-related areas have generated large amounts of available data and created increasingly pronounced demands for certain solutions and tools to work on these issues.

Numerical models have a wide application in improving and understanding the management of water (eco)systems. However, such models often require significant calculation resources, frequently including certain data to limit the structure and parameters of the model. Data-Driven Models are based on machine learning techniques and attempt to provide the user with the “mapping” between the inputs and outputs of a given system, with little prior knowledge of the processes within that system, thus these models emerged as an attractive option for predicting and classifying aquatic (eco) systems. The main advantage of such models is a fast execution time, allowing the user more model evaluations. For these reasons, the models are widely used in solving various water-related issues, particularly in the modelling of water (eco)systems.

This paper will present the application of two machine learning techniques used in the creation of aquatic ecosystem models.

KEYWORDS: machine learning, aquatic ecosystems, ecological modelling

1. UVOD

Cilj izrade modela je izraditi sustav koji će otkriti osnovne karakteristike sustava koji se promatra. Mogućnost simuliranja karakteristika sustava je važna kada je teško ili pak nemoguće sakupiti dovoljno podataka za promatrani sustav, ili pak kada je promatrani sustav toliko kompleksan da nije moguće mjeriti svaku njegovu značajku na odgovarajućoj skali.

Prilikom izrade ekoloških modela potrebno je uzeti u obzir dvije bitne značajke; 1) kvalitetu podataka koji nam pružaju značajne informacije o sustavu kojeg modeliramo, i 2) odabir arhitekture modela koji će biti pogodan za primjenjivanje na promatranom sustavu (Jeong i drugi, 2005). Prvu značajku je moguće lako savladati, pogotovo u današnje vrijeme kada se mogu koristiti uređaji sa visokom rezolucijom, odnosno druge inovativne metode i tehnologije koje omogućuju dobivanje podataka visoke kvalitete. Druga značajka je pak određena vrsta „limitirajućeg faktora” za izradu pouzdanog simulacijskog alata (Blanco i drugi, 2000). Kada pojedine tehnike simulacije uključuju i dobru sposobnost objašnjavanja i predviđanja, one mogu sadržavati i niz korisnih informacija o modeliranom (eko)sustavu. Ekosustav je jedan od najkompliciranijih sustava na svijetu (Odum, 1983), zbog toga što taj sustav sadrži raznolike funkcije prilagodbe, varijable stanja te njihove interakcije među njima koje mogu biti komplicirane.

Kako bi se mogla savladati kompleksnost koja se nalazi u podacima ekosustava, gledajući sa kvantificirajuće točke gledišta, preporuča se usvojiti odgovarajuće tehnologije kako bi se moglo baratati sa kompleksnošću podataka unutar ekosustava (Recknagel i drugi, 1997).

Strojno učenje omogućuje računalima da prikupljaju informacije empirijski iz danog skupa podataka, kao podskup umjetne inteligencije (Fielding 1999). Glavni cilj ekoloških modela je obično usmjeren na objašnjavanje dinamike sustava, kao i predviđanje ili otkrivanje uzoraka unutar samog sustava, tako da je otkrivanje informacija iz skupa podataka od velike važnosti i pomoći u tom pogledu. Strojno učenje razlikuje se od konvencionalnih tehnika koje se koriste za analizu skupova ekoloških podataka, kao što su statističke metode, te determinističke i stohastičke metode prema dva kriterija: 1) sposobnosti rješavanja ne-linearnosti, i 2) načinu „razmišljanja”. Prvi kriterij može

biti gledan uglavnom kao strojno učenje naspram statistike, a drugi je dan kao razlika konvencionalnih modela i modela strojnog učenja (Jeong i drugi, 2000).

U ovome radu prikazat će se dvije metode/tehnika strojnog učenja, koje su primijenjene na podacima mjerenim u sjevernom Jadranu.

2. METODE/TEHNIKE STROJNOG UČENJA

Strojno učenje koristi dvije vrste tehnika za izradu modela: 1) nadzirano učenje (engl. supervised), koje uči model na poznatim ulaznim i izlaznim podacima tako da može predvidjeti buduće izlaze, i 2) nenadzirano učenje (engl. unsupervised), koje pronalazi skrivene obrasce ili unutarnje strukture u ulaznim podacima (Witten i Frank, 2000).

Nadzirano strojno učenje gradi model koji vrši predviđanja koji se temelji na dokazima u prisutnosti neizvjesnosti. Nadzirani algoritam učenja uzima poznati skup ulaznih podataka i poznatih odgovora na podatke koji čine izlaz te uči model da generira razumna predviđanja kao odgovor na nove podatke. Nadzirano učenje se koristi kada imamo poznate podatke za izlaz koji pokušavamo predvidjeti (Witten i Frank, 2000).

Nadzirano učenje koristi tehnike klasifikacije i regresije za razvoj prediktivnih modela. Tehnike klasifikacije predviđaju diskretne odgovore - na primjer, da li je dan sunčan ili kišovit, ili da li je vjetar jak ili slab. Klasifikacijski modeli klasificiraju ulazne podatke u kategorije. Tipične primjene osim u ekološkim modelima, uključuju npr. i medicinsko snimanje, prepoznavanje govora ili kreditno ocjenjivanje. Tehnike klasifikacije se prema tome koriste ako se podaci mogu označiti, odnosno kategorizirati ili razdvojiti u određene skupine ili klase. Uobičajeni algoritmi za klasifikaciju uključuju „Support Vector Machines”, stabla odlučivanja, k-najbliži susjed, „Naive Bayes”, diskriminacijsku analizu, logističku regresiju i neuronske mreže (Witten i Frank, 2000).

Regresijske tehnike predviđaju kontinuirane odgovore, - na primjer, promjene temperature ili koncentracijama hranjivih tvari. Tipične primjene uključuju razna prognoziranja, kao što je npr. prognoza koncentracija klorofila-a. Regresijske tehnike se koriste ako se radi sa raznim rasponom podataka ili ako je priroda odgovora definirana kao stvarni broj, kao što je npr. temperatura, broj fitoplanktona ili vrijeme do početka cvjetanja mora. Uobičajeni regresijski algoritmi uključuju linearne modele, nelinearne modele, stupnjevitu regresiju, stabla odlučivanja, neuralne mreže i adaptivno „neuro-fuzzy” učenje (Witten i Frank, 2000).

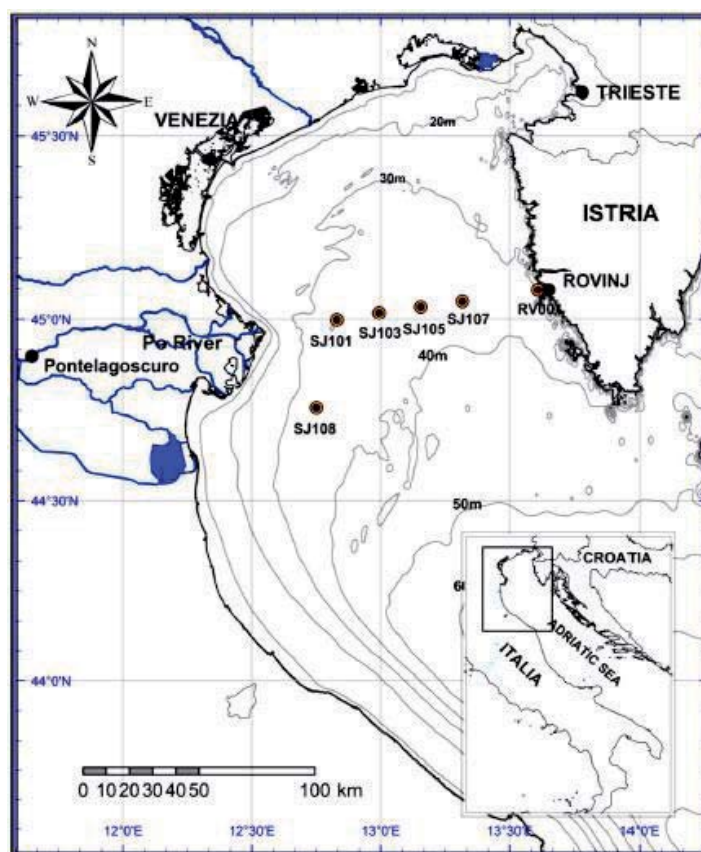
Nenadzirano učenje pronalazi skrivene obrasce ili unutarnje strukture u podacima. Koristi se uglavnom za prikazivanje zaključaka/skica iz skupova podataka koji se sastoje od ulaznih podataka ali bez označenih odgovora. Najčešća tehnika nenadziranog učenja je grupiranje. Nenadzirano učenje koristi se za analizu znanstvenih podataka kako bi se pronašli skriveni obrasci ili određena grupiranja podataka. Aplikacije za grupiranje uključuju analizu sekvenciranja gena, ili pak prepoznavanje objekata. Uobičajeni algoritmi za obavljanje klaster analiza uključuju „k-means”, hijerarhijske metode/grupiranje, „Gaussian Mixture”, skriveni Markov model, samoorganizirajuće mape i subtraktivno klasteriranje (Witten i Frank, 2000).

Odabir pravog algoritma može se činiti nedostižnim - naime, postoje desetine nadziranih i nenadziranih algoritama strojnog učenja, a svaki od njih ima drugačiji pristup učenju. Ne postoji najbolja metoda ili jedna veličina koja odgovara svima. Pronalaženje pravog algoritma djelomično je samo skup pokušaja i pogreška. Čak i iskusni stručnjaci za

podatke ne znaju hoće li algoritam funkcionirati bez da ga se isproba. No također, odabir algoritma ovisi i o veličini i vrsti podataka s kojima se radi, uvidima koje želite dobiti od podataka i načinu na koji će se ti uvidi koristiti.

3. UPOTREBA STROJNOG UČENJA U MODELIRANJU VODENIH EKOSUSTAVA - PRIMJER SJEVERNOG JADRANA

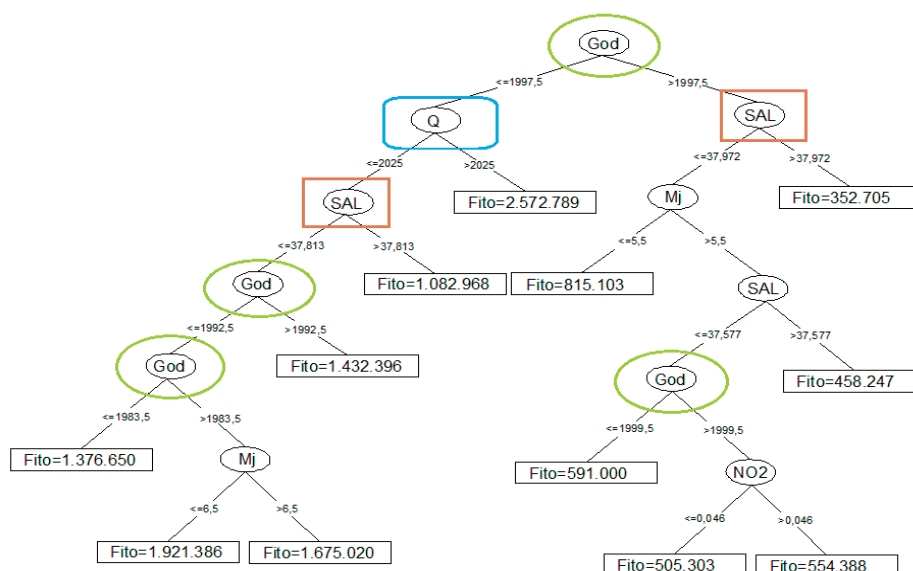
U nastavku će se prikazati dva modela koja su izrađena upotrebom alata strojnog učenja. Modeli su izrađeni na podacima koji su mjereni na šest mjernih postaja u sjevernom Jadranu u periodu 1972. do 2007. godine (Slika 1, podaci CIM Rovinj). Sjeverni Jadran pripada najproduktivnijem dijelu Sredozemnog mora uslijed ispuštanja hranjivih tvari rijekom Po. Kako bi se doprinjelo razumijevanju trenda eutrofikacije u sjevernom Jadranu, na podacima mjenim na šest postaja na profilu od delte rijeke Po (Italija) do Rovinja na zapadnoj obali Istre (Hrvatska) koji obuhvaćaju fizikalne, kemijske i biološke parametre upotrijebljene su tehnike strojnog učenja za konstrukciju modela (Volf i drugi, 2011).



Slika 1. Lokacija mjernih postaja u sjevernom Jadranu

3.1. Opisni model fitoplanktona

Za izradu modela upotrijebljen je algoritam strojnog učenja M5P za konstrukciju regresijskih stabala integriran u aplikaciji za strojno učenje pod nazivom Weka (Web 1). Za izradu modela korišteni su podaci sa mjernih postaja (Slika 1, podaci CIM Rovinj), koji su osrednjeni do dubine od 11 metara iznad termokline kao jedan sloj. Za izradu modela ukupni fitoplankton (Fito) postavljen je kao ciljana (zavisna) varijabla, dok su mjesec (Mj) i godina (God) sakupljanja podataka, protok rijeke Po (Q), temperatura (Temp), salinitet (SAL), gustoća (GUS), mjera kiselosti (pH), nitrat (NO_3), dušikov oksid (NO_2), amonijak (NH_4), te molarni omjeri ukupni anorganski dušik/ortofosfat (TIN/PO_4) i ukupni anorganski dušik/ortosilikat (TIN/SiO_4) postavljeni kao nezavisne varijable (deskriptori) preko kojih se modelira ukupni fitoplankton (Volf i drugi, 2011).



Slika 2. Opisni model fitoplanktona za postaju SJ107

Prikazani, odabrani model za postaju SJ107 (Slika 2) ukazuje na to da se tijekom 1998. godine dogodila značajna promjena u dinamici fitoplanktona. Koncentracije fitoplanktona prije 1998. bile su veće za 2 do 4 puta nego nekon te godine i to uglavnom zbog promjena u protocima rijeke Po. Izračunati granični protok u modelu za razdoblje prije 1998. godine iznosi $2.025 \text{ m}^3/\text{s}$. Veći protoci od granične vrijednosti podrazumijevaju veće koncentracije fitoplanktona. Međutim, u oba slučaja (prije i poslije 1998) salinitet je glavni pokazatelj koji ukazuje na promjene intruzije ulazanja slatke vode u područje, ali i većeg priljeva slanije vode iz srednjeg Jadrana. Smanjenje ulaza hranjivih tvari rijekama zajedno sa ulazenjem slane vode utjecali su na niže koncentracije fitoplanktona nakon 1998. godine na području sjevernog Jadrana. Redukcije protoka rijeke Po postale su značajne tek nakon 2002. godine, s dosljednom oligotrofikacijom promatranog sustava (Mozetić i drugi, 2009). Promjene u 1993. i 2000. godini su teško objašnjive, ali se podudaraju s neobično velikim dotocima slatke vode u sjeverni Jadran u jesenskom razdoblju (Supić

i drugi, 2006). U listopadu 1993. godine protoci rijeke Po bili su znatno veći nego do tada zabilježeni mjesečni prosjeci gledajući sve mjesece od 1917. godine kada su počela mjerenja (CIM Rovinj, baza podataka). U 2000. godini, početkom i sredinom jeseni zabilježeno je znatno sniženje sadržaja kisika u pridnenom sloju zapadnog, odnosno središnjeg dijela sjevernog Jadrana, kao posljedica povećane proizvodnje organske tvari prouzročene znatno povećanim donosima hranjivih tvari slatkim vodama, posebice rijekom Po. Ova je pojava bila posebno naglašena u drugom dijelu listopada i studenog kada su zabilježeni iznimno visoki protoci rijeke Po, a posljedica su katastrofalnih poplava u nizinama. U tim su uvjetima izmjerene izuzetno niske vrijednosti saliniteta, odnosno jako visoke koncentracije hranjivih tvari, kisika, ugljikohidrata i biomase fitoplanktona kakve do tada nisu bile ranije zabilježene u analiziranom području od 1972. godine (CIM Rovinj, baza podataka). Krajem studenog došlo je do pravovremene nadoknade kisika pri dnu te nije došlo do pojave anoksije. Neobična zabilježena stratifikacija nastavljena je i u prosincu, i to zbog prisutnosti gustog slatkovodnog površinskog sloja. Tada je također sadržaj kisika u pridnenom sloju bio blizu zasićenja. Osim toga, promjene u 1984. godini najvjerojatnije su povezane sa smanjenjem sadržaja polifosfata u deterđentima što za posljedicu može imati izraziti pad spojeva fosfora u riječnim vodama (Provini i drugi, 1992).

Koeficijent korelacije za dobiveni model iznosi 0,6, te ima veliku opisnu moć promatranog sustava (Volf i drugi, 2011). Samim time, opisni model fitoplanktona otkriva obrasce te važne okolišne varijable za dinamiku fitoplanktona u analiziranom razdoblju. Model uspješno identificira neke od okidača promjene dinamike fitoplanktona potvrđivanjem hipoteza iz prethodnih istraživanja. Predstavljani model u obliku regresijskih stabala nam također daje i vizualnu predodžbu analiziranih podataka.

3.2. Prediktivni model fitoplanktona

Ekperiment je usmjeren na izgradnju modela za predviđanje koncentracije fitoplanktona (Fito_pred) 14 dana unaprijed. Za ovaj zadatak koristio se alat strojnog učenja Cubist (Web 2), odnosno algoritam za izradu prediktivnih modela temeljenih na setu pravila. U ovom slučaju, deskriptori ili nezavisne varijable su protok (Q), mjesec (Mj), temperatura (Temp), salinitet (SAL), gustoća (GUS), mjera kiselosti (pH), nitrat (NO_3), dušikov oksid (NO_2), amonijak (NH_4) te molarni omjeri ukupni anorganski dušik/ortofosfat (TIN/ PO_4) i ukupni anorganski dušik/ortosilikat (TIN/ SiO_4) te ukupni fitoplankton (Fito) mjereni u vremenu t, dok koncentracija fitoplanktona u vremenu t+14 dana je ciljna ili zavisna varijabla (Fito_pred) (Volf i drugi, 2011). Podaci za izradu modela korišteni su sa mjernih postaja (Slika 1, podaci CIM Rovinj), koji su osrednjeni do dubine od 11 metara iznad termokline kao jedan sloj te interpolirani na dnevne vrijednosti (Volf i drugi, 2011).

Dobiveni model (Tablica 1), ima koeficijent korelacije 0,91 te daje točne koncentracije fitoplanktona 14 dana unaprijed, ispravno prognozirajući vršne vrijednosti, s obzirom na sadašnje vrijednosti pet varijabli koje se nalaze unutar dobivenog seta pravila. Kao takav, model se može koristiti kao sredstvo upozorenja u svrhu upravljanja vodama sjevernog Jadrana, ili može biti integriran u složenije modele sliva koji uključuju aktivnosti razgradnje hranjivih tvari. (Volf i drugi, 2011).

Tablica 1. Prediktivni model fitoplanktona

| Br. pravila | Pravila: | Jednadžbe: |
|-------------|---|---|
| Pravilo 1 | Fito \leq 804620.5 | Fito_pred = 732300 + 0.917 Fito - 233140 GUS - 58205 Temp + 179186 SAL - 7782 Mj |
| Pravilo 2 | Temp > 9.650951 Temp \leq 20.31074 Fito > 804620.5 Fito \leq 2807349 | Fito_pred = 5.24147e+006 + 0.931 Fito - 84220 Temp - 57364 GUS - 199934 NO ₂ - 20263 NO ₃ - 7368 TIN/SiO ₄ + 29 Q - 368417 pH + 88810 NH ₄ + 19504 SAL |
| Pravilo 3 | Temp > 20.31074 Fito > 804620.5 | Fito_pred = -2.76291e+006 + 0.716 Fito + 359934 GUS + 103143 Temp + 135511 Mj - 256581 SAL - 1125 TIN/PO ₄ + 7567 TIN/SiO ₄ |
| Pravilo 4 | Temp \leq 9.650951 Fito > 804620.5 Fito \leq 2807349 | Fito_pred = -6.68528e+006 + 0.87 Fito - 390486 GUS + 386746 SAL - 80868 Temp + 218220 NH ₄ - 852 TIN/PO ₄ + 21132 NO ₃ - 12263 Mj + 559168 pH |
| Pravilo 5 | TIN/PO ₄ \leq 62.3532 Fito > 2807349 | Fito_pred = 1.16131e+007 + 0.664 Fito - 141666 Temp - 6625 TIN/PO ₄ - 147108 NO ₃ - 97863 GUS + 406748 NO ₂ + 17884 TIN/SiO ₄ - 660243 pH + 87424 NH ₄ |
| Pravilo 6 | Mj > 4 TIN/PO ₄ > 62.3532 Fito > 2807349 Fito \leq 1.13562e+007 | Fito_pred = 7.14367e+007 - 1.18988e+006 Temp - 3.28797e+006 GUS + 2.00528e+006 SAL + 0.831 Fito - 4.86272e+006 NO ₂ - 278807 Mj + 2.30991e+006 NH ₄ - 258224 NO ₃ - 55637 TIN/SiO ₄ - 4.16418e+006 pH + 2917 TIN/PO ₄ - 57 Q |
| Pravilo 7 | Temp \leq 12.28349 NH ₄ \leq 0.3163107 TIN/PO ₄ > 62.3532 Fito > 2807349 | Fito_pred = 3.97828e+007 + 8.67119e+006 GUS + 1.92162e+006 Temp - 5.92294e+006 SAL - 8.71454e+006 NH ₄ + 797894 NO ₃ + 1566 Q + 0.8 Fito - 1.05622e+007 pH - 10620 TIN/PO ₄ + 2.05592e+006 NO ₂ |
| Pravilo 8 | Temp \leq 12.28349 NH ₄ > 0.3163107 TIN/PO ₄ > 62.3532 Fito > 2807349 | Fito_pred = 1.26724e+008 - 3.25732e+007 GUS - 7.30295e+006 Temp + 2.64069e+007 SAL - 7.87193e+006 NO ₂ + 0.78 Fito + 610748 NO ₃ - 1.16366e+007 pH - 2.89067e+006 NH ₄ |
| Pravilo 9 | Mj \leq 4 Temp > 12.28349 TIN/PO ₄ > 62.3532 Fito > 2807349 | Fito_pred = 1.3374e+008 + 4.30887e+006 GUS - 4.10462e+006 SAL + 1.756 Fito - 815924 NO ₃ - 4.89689e+006 NO ₂ - 1.19144e+007 pH - 4543 Temp |
| Pravilo 10 | Mj > 4 TIN/PO ₄ > 62.3532 Fito > 1.13562e+007 | Fito_pred = -4.05262e+008 - 4.50557e+006 Temp + 19140 Q + 5.66287e+007 pH - 1.05564e+007 NH ₄ + 36997 TIN/SiO ₄ |

ZAKLJUČAK

Metode strojnog učenja nude širok raspon tehnika koje su trenutno dostupne individualnim korisnicima/istraživačima, a koje su prikladne za složene skupove podataka koji dolaze iz područja ekologije ili općenito znanosti o zemlji. Te metode imaju potencijal poboljšati kvalitetu znanstvenog istraživanja pružanjem boljih i točnijih modela te ubrzanjem napretka u znanosti povećanjem razumijevanja vodenih (eko)sustava i popunjavanjem nedostataka u podacima. Primjena ovih metoda u domeni ekologije i općenito znanosti o zemlji mora se povećati ako se želi vidjeti njihova korist. Usvajanje ovih metoda se može promicati kroz interdisciplinarnu suradnju, povećanu komunikaciju i financijsku potporu za istraživanje strojnog učenja.

U prikazanim primjerima primijenjene su dvije tehnike strojnog učenja na dugoročnim izmjerenim podacima na sjevernom Jadranu kako bi se izradio opisni model za dinamiku koncentracije fitoplanktona te konstruirao prediktivni model za koncentraciju fitoplanktona. Opisni model fitoplanktona, otkriva obrasce i važne okolišne varijable koji su utjecali na dinamiku fitoplanktona u razdoblju od 1972 do 2007. Model uspješno identificira neke od okidača promjene dinamike fitoplanktona potvrđivanjem hipoteza iz prethodnih istraživanja. Prediktivni model, daje točna predviđanja koncentracije fitoplanktona 14 dana unaprijed točno predviđajući vršne vrijednosti koncentracije fitoplanktona u usporedbi s izmjerenim podaci. Kao takav, može se učinkovito koristiti za potrebe upravljanja vodama, npr kao dodatak za predviđanje koncentracije fitoplanktona za modele sliva koji simuliraju hranjiva i koncentracije u vodenom okolišu.

Novija provedena istraživanja koja koriste metode strojnog učenja u modeliranju vodenih ekosustava mogu se naći u Effrosynidis i drugi (2018), Mori i drugi (2019), Shen i drugi (2019), Volf i drugi (2015, 2018), Valbi i drugi (2019).

Metode strojnog učenja nisu uvijek odgovor na sve probleme, a u nekim slučajevima prikladniji su tradicionalni statistički pristupi ili klasični numerčki modeli, pa samim time, ove metode treba koristiti diskretno.

ZAHVALA

Ovaj rad je financiralo Sveučilište u Rijeci projektom broj 17.06.2.1.02 “Međudjelovanje mora i rijeka u kontekstu klimatskih promjena” i uniri-tehnic-18-129 “Održivo upravljanje riječnim slivom implementacijom inovativnih metodologija, pristupa i alata”. Autor se također želi zahvaliti i djelatnicima Centra za istraživanje mora u Rovinju koji su doprinijeli prikupljanju, analizi i interpretaciji mjerenih podataka.

LITERATURA

- [1] Blanco, A, Delgado, M, Pegalajar, MC, (2000): *A genetic algorithm to obtain the optimal recurrent neural network*, Internation Jouran of Approximate Reasoning, 23, 67-83.
- [2] Fielding, AH, (1999): *An introduction to machine learning methods*, In AH, Fielding (ed.), *Machine learning methods for ecological applications*, Kluwer Academic Publishers, Massachusetts, 1-35.
- [3] Effrosynidis, D, Arampatzis, A Sylaios, G, (2018): *Seagrass detection in the*

- mediterranean: a supervised learning approach*, Ecological Informatics, 48, 158-170.
- [4] Jeong, K-S, Dong-Kyun, K, Tae-Soo, C, Gea-Jae, J, (2005): *Machine learning application to the Korean freshwater ecosystems*, Korean Journal of Ecology, 28(6), 405-415.
- [5] Mori, N, Debeljak, B, Škerjanec, M, i drugi, (2019): *Modelling the effects of multiple stressors on respiration and microbial biomass in the hyporheic zone using decision trees*, Water Research, 9-20.
- [6] Mozetič, P, Solidoro, C, Cossarini, G, Social, G, Precali, R, France, J, Bianchi, F, De Vittor, C, Smodlaka, N, Fonda Umani, S, (2009): *Recent trends towards oligotrophication of the northern Adriatic: evidence from chlorophyll a time series*, Estuaries and Coasts 33, 362–375.
- [7] Odum, EP, (1983): *Basic Ecology*, Saunders College Publishing, Florida, 613.
- [8] Provinci, A, Crosa, G, Marchetti, R, (1992): *Nutrient export from the Po and Adige river basins over the last 20 years*, In: RA, Vollenweider, R, Marchetti, R, Viviani (ed.), International Conference on Marine Coastal Eutrophication, Science of the Total Environment. Bologna, Italy, 21-24 March, 1990, 291-313.
- [9] Recknagel, F, French, M, Harkonen, P, Yabunaka, KI, (1997): *Artificial neural network approach for modelling and prediction of algal bloom*, Ecological Modelling, 96, 11-28.
- [10] Shen, J, Qin, Q, Wang, Y, Sission, M, (2019): *A data-driven modeling approach for simulating algal blooms in the tidal freshwater of James River in response to riverine nutrient loading*, Ecological Modelling, 398, 44-54.
- [11] Supić, N, Đakovac, T, Krajcar, V, Kuzmić, M, Precali, R, (2006): *Effects of excessive Po River discharges in the northern Adriatic*, Fresenius Environmental Bulletin 15(3), 193-199.
- [12] Valbi, E, Ricci, F, Capellacci, S i drugi, (2019): *A model predicting the PSP toxic dinoflagellate Alexandrium minutum occurrence in the coastal waters of the NW Adriatic Sea*, Scientific Reports 9(1), 4166.
- [13] Volf, G, Atanasova, N, Kompare, B, Precali, R, Ožanić, N, (2011): *Descriptive and prediction models of phytoplankton in the northern Adriatic*, Ecological Modelling, 222, 2502-2511.
- [14] Volf, G, Atanasova, N, Kompare, B, Precali, r, Ožanić, N, (2015): *Study of the impact of TIN/PO4 ratio on mucilage formation in the northern Adriatic using regression trees*, Acta Adriatica, 56(2), 207-222
- [15] Volf, G, atanasova, N, Škerjanec, M, Ožanić, N, (2018): *Hybrid modeling approach for the northern Adriatic watershed management*, Science of the total Environment, 635, 353-363.
- [16] Web adresa 1: Weka, <https://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>, (12.1.2019.)
- [17] Web adresa 2: Cubist, <https://www.rulequest.com/cubist-info.html>, (13.1.2019)
- [18] Witten, IH, Frank, E, (2000): *Data mining*, Academic Press, San Diego, 371.

AUTOR

doc. dr. sc. Goran Volf^a

^a Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet, Radmile Matejčić 3, Rijeka, 51000, Hrvatska,
goran.volf@uniri.hr