ORGANIZATORI / ORGANIZERS

KOPAČKI RIT Park prirode Nature Park

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku ODJEL ZA BIOLOGIJU

DANUBEPARKS network of protected areas

J. U. AGENCIJA ZA UPRAVLJANJE ZAŠTIĆENIM PRIRODNIM VRIJEDNOSTIMA NA PODRUČJU OSJEČKO-BARANJSKE ŽUPANIJE

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku Fakultet za odgojne i obrazovne znanosti OBRAZUJEMO (ZA) BUDUĆNOST

ODJEL ZA KEMIJU

Balkan Environmental Association B.E.N.A.

NASTAVNI ZAVOD ZA JAVNO ZDRAVSTVO OSJEČKO - BARANJSKE ŽUPANIJE

PRAVOS

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada

IAESP INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENVIRONMENTAL SCIENTISTS AND PROFESSIONALS

ZELENA PRAVNA KLINIKA

EFOS Ekonomski fakultet u Osijeku

ODJEL ZA FIZIKU

Institut za vode Josip Juraj Strossmayer

Alumni Odjela za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

ISSN 1849-8264

15

15. međunarodni simpozij

15th International Symposium

KOPAČKI RIT

JUČER, DANAS, SUTRA
PAST, PRESENT, FUTURE
2026. / 2026

KOPAČKI RIT
JUČER, DANAS, SUTRA

Osijek, 1. - 2. listopada 2026.
Osijek, October 1 - 2 2026

ZBORNIK SAŽETAKA
BOOK OF ABSTRACTS

ZBORNIK SAŽETAKA
15. MEĐUNARODNOG SIMPOZIJA

KOPAČKI RIT
JUČER, DANAS, SUTRA
2026.

Osijek, 1. - 2. listopada 2026.

BOOK OF ABSTRACTS
15TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM

KOPAČKI RIT
PAST, PRESENT, FUTURE
2026

Osijek, October 1 - 2 2026

ZBORNIK SAŽETAKA 15. MEĐUNARODNOG SIMPOZIJA
BOOK OF ABSTRACTS OF THE 15TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM

KOPAČKI RIT JUČER, DANAS, SUTRA 2026.
KOPAČKI RIT: PAST, PRESENT, FUTURE 2026

Organizatori / Organizers:

Javna ustanova „Park prirode Kopački rit“ / Public Institution Kopački rit Nature Park

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek / Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet za odgojne i obrazovne znanosti / Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Education

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju / Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju / Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Chemistry

Javna ustanova “Agencija za upravljanje zaštićenim prirodnim vrijednostima na području Osječko – baranjske županije“ / Public Institution Agency for Managing of Protected Natural Values in Osijek-Baranja County

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada / Institute for Medical Research and Occupational Health

Nastavni zavod za javno zdravstvo Osječko – baranjske županije / Teaching Institute for Public Health for the Osijek - Baranja County

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Ekonomski fakultet u Osijeku / Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Economics in Osijek

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Pravni fakultet Osijek / Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Law in Osijek

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Kineziološki fakultet Osijek / Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Kinesiology in Osijek

Institut za vode Josip Juraj Strossmayer / Josip Juraj Strossmayer Water Institute

Zelena pravna klinika Pravnog fakulteta Osijek / Green Law Clinic of the Faculty of Law in Osijek

Alumni Odjela za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku / Alumni of the Department of Biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek (Alumni BiolOs)

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za fiziku / Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Physics

Mreža zaštićenih područja uz rijeku Dunav / Danube River Network of Protected Areas (DANUBEPARKS)

Balkanska okolišna udruga / Balkan Environmental Association (B.EN.A.)

Međunarodno udruženje znanstvenika i stručnjaka za zaštitu okoliša / International Association of Environmental Scientists and Professionals (IAESP)

Izdavač / Publisher:

Javna ustanova „Park prirode Kopački rit", Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Bilje / Public Institution Kopački rit Nature Park, Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Bilje

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Ksaverska cesta 2, Zagreb / Institute for Medical Research and Occupational Health, Ksaverska cesta 2, Zagreb

Uredništvo / Editorial Board:

prof. dr. sc. Dubravka Špoljarić Maronić / full professor Dubravka Špoljarić Maronić, PhD

dr. sc. Vlatko Rožac / Vlatko Rožac, PhD

Ivo Bašić, dipl. oec. / Ivo Bašić, M. econ.

prof. dr. sc. Siniša Ozimec / full professor Siniša Ozimec, PhD

Programski odbor / Programme Committee:

prof. dr. sc. Siniša Ozimec / full professor Siniša Ozimec, PhD

prof. dr. sc. Irella Bogut / full professor Irella Bogut, PhD

izv. prof. dr. sc. Filip Stević / associate professor Filip Stević, PhD

prof. dr. sc. Vlatka Gvozdić / full professor Vlatka Gvozdić, PhD

Igor Miklavčić, mag. educ. phys. et politechn., predavač / Igor Miklavčić, mag. educ. phys. et politechn., lecturer

doc. dr. sc. Ana Popović / assistant professor Ana Popović, PhD

doc. dr. sc. Alma Mikuška / assistant professor Alma Mikuška, PhD

prof. dr. sc. Branko Petrinec / full professor Branko Petrinec, PhD

prof. dr. sc. Ljiljana Krstin / full professor Ljiljana Krstin, PhD

prof. dr. sc. Gordana Subakov-Simić (Srbija) / full professor Gordana Subakov-Simić, PhD (Serbia)

izv. prof. dr. sc. Milić Čurović (Crna Gora) / associate professor Milić Čurović, PhD (Montenegro)

doc. dr. Benjamin Zorko (Slovenija) / assistant professor Benjamin Zorko, PhD (Slovenia)

izv. prof. dr. sc. Katerina Malić-Bandur (Bosna i Hercegovina) / associate professor Katerina Malić-Bandur, PhD (Bosnia and Herzegovina)

izv. prof. dr. sc. Dubravka Čerba (Slovačka) / associate professor Dubravka Čerba, PhD (Slovakia)

prof. dr. sc. Maciej Kamaszewski (Poljska) / full professor Maciej Kamaszewski, PhD (Poland)

doc. dr. sc. Anita Galir Balkić / assistant professor Anita Galir Balkić, PhD

prof. dr. sc. Mariagabriella Pugliese (Italija) / full professor Mariagabriella Pugliese, PhD (Italia)

dr. sc. Giuseppe La Verde (Italija) / Giuseppe La Verde, PhD (Italia)

Organizacijski odbor / Organizing Committee:

Ivo Bašić, dipl. oec. / Ivo Bašić, M. econ.

prof. dr. sc. Emina Berbić Kolar / full professor Emina Berbić Kolar, PhD

prof. dr. sc. Tomislav Vinković / full professor Tomislav Vinković, PhD

prof. dr. sc. Tanja Žuna Pfeiffer / full professor Tanja Žuna Pfeiffer, PhD

prof. dr. sc. Elvira Kovač Andrić / full professor Elvira Kovač Andrić, PhD

Igor Ružička, dipl. iur. / Igor Ružička, M. L.

prof. dr. sc. Mirna Habuda-Stanić / full professor Mirna Habuda-Stanić, PhD

dr. sc. Vlatko Rožac / Vlatko Rožac, PhD

prof. dr. sc. Svjetlana Stanić-Koštroman (Bosna i Hercegovina) / full professor Svjetlana Stanić-Koštroman, PhD (Bosnia and Herzegovina)

izv. prof. dr. sc. Ladislav Hamerlík (Slovačka) / associate professor Ladislav Hamerlík, PhD (Slovakia)

prof. dr. sc. Maciej Kamaszewski (Poljska) / full professor Maciej Kamaszewski, PhD (Poland)

doc. dr. sc. Marina Poje Sovilj / assistant professor Marina Poje Sovilj, PhD

Dubravka Vuković, dr. med., spec. / Dubravka Vuković, MD, spec.

prof. dr. sc. Sunčica Oberman Peterka / full professor Sunčica Oberman Peterka, PhD

prof. dr. sc. Tunjica Petrašević / full professor Tunjica Petrašević, PhD

izv. prof. dr. sc. Zvonimir Tomac / associate professor Zvonimir Tomac, PhD

izv. prof. dr. sc. Ana Đanić Čeko / associate professor Ana Đanić Čeko, PhD

izv. prof. dr. sc. Mario Šiljeg / associate professor Mario Šiljeg, PhD

izv. prof. dr. sc. Milan Nikolić (Srbija) / associate professor Milan Nikolić, PhD (Serbia)

dr. sc. Mariana Golumbeanu (Rumunjska) / Mariana Golumbeanu, PhD (Romania)

doc. dr. sc. Martina Varga / assistant professor Martina Varga, PhD

Tehnički odbor / Technical Committee:

Marin Škoro, mag. biol. / Marin Škoro, MSc

Kristina Romanjek, mag. biol. / Kristina Romanjek, MSc

Boris Bolšec, prof. / Boris Bolšec, mag

Marija Vereš, mag. biol., univ. spec. sus. / Marija Vereš, MSc, univ. spec. sus.

Sonja Kučera, mag. agr. / Sonja Kučera, MSc

Matej Marušić, mag. oec. / Matej Marušić, MSc

Petar Glavaš, mag. biol. / Petar Glavaš, MSc

Dr. sc. Nikolina Bek / Nikolina Bek, PhD

Fran Fišer, student (Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju) / Fran Fišer, student (Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology)

Marta Jelinek, studentica (Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju) / Marta Jelinek, student (Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology)

Matija Karapetrić, student (Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju) / Matija Karapetrić, student (Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology)

Lara Kovač, studentica (Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju) / Lara Kovač, student (Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology)

Ema Žuženić, studentica (Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju) / Ema Žuženić, student (Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology)

Hrvoje Puljić, student (Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Kineziološki fakultet

Osijek) / Hrvoje Puljić, student (Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Kinesiology in Osijek)

Tin Svoboda, student (Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Kineziološki fakultet Osijek) / Tin Svoboda, student (Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Kinesiology in Osijek)

Pokrovitelji / Patrons:

Ministarstvo zaštite okoliša i zelene tranzicije / Ministry of Environmental Protection and Green Transition

Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost / Environmental Protection and Energy Efficiency Fund

Osječko-baranjska županija / Osijek-Baranja County

Grad Osijek / City of Osijek

Sponzori / Sponsors:

Belje plus d.o.o. / Belje plus Ltd

Libusoft Cicom d.o.o. / Libusoft Cicom Ltd

Valalta d.o.o. / Valalta Ltd

Partneri / Partners:

Huawei Technologies d.o.o. i program TECH4ALL / Huawei Technologies Ltd and program TECH4ALL

Fotografija na naslovnici / Cover page photo:

Marko Mrkonjić

Grafička priprema i tisak / Printed by:

Studio HS d.o.o. Osijek

Naklada / Printing run:

300 primjeraka / 300 copies

ISSN: 1849-8264

IZJAVA O ODRICANJU OD ODGOVORNOSTI

Izdavač i Uredništvo zbornika izjavljuju da su autori u cijelosti odgovorni za točnost sadržaja i stavove koji su iznijeti u objavljenim sažecima.

LEGAL NOTICE

The publisher and Editorial Board declare that authors are completely responsible for the correctness of content and opinions expressed in the published abstracts.

Održavanjem ovog simpozija prigodno se obilježavaju značajne obljetnice i događaji:

50. obljetnica
zakonske zaštite Kopačkoga rita u kategoriji parka prirode
(1976.)

5. obljetnica
proglašenja Petodržavnog rezervata biosfere Mura-Drava-Dunav (Austrija, Hrvatska, Mađarska, Srbija, Slovenija) pod UNESCO-ovim Programom „Čovjek i biosfera"
(2021.)

15. obljetnica
održavanja međunarodnog simpozija „Kopački rit: jučer danas, sutra"
(2012.)

This symposium is being held on the occasion of major anniversaries and events:

50th anniversary
of the legal protection of Kopački rit in the category of Nature Park
(1976)

5th anniversary
of the proclamation of the Five-country Biosphere Reserve Mura-Drava-Danube (Austria, Croatia, Hungary, Serbia, Slovenia) under the UNESCO's Man and the Biosphere Programme
(2021)

15th anniversary
of holding the Symposium „Kopački rit: Past, Present, Future"
(2012)

UVODNA RIJEČ

Zadovoljstvo nam je pozdraviti sve vas, drage sudionike i uzvanike 15. međunarodnog simpozija *Kopački rit jučer, danas, sutra 2026*.

Simpozij su zajednički organizirali Javna ustanova „Park prirode Kopački rit"; sastavnice Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku: Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Fakultet za odgojne i obrazovne znanosti, Ekonomski fakultet u Osijeku, Pravni fakultet Osijek i Zelena pravna klinika, Kineziološki fakultet Osijek, Odjel za kemiju, Odjel za fiziku, Odjel za biologiju, Alumni Odjela za biologiju, Javna ustanova Agencija za upravljanje zaštićenim prirodnim vrijednostima na području Osječko-baranjske županije, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Nastavni zavod za javno zdravstvo Osječko-baranjske županije, te Institut za vode „Josip Juraj Strossmayer".

Međunarodnu potporu organizaciji simpozija dale su tri međunarodne udruge: Mreža zaštićenih područja uz rijeku Dunav (The Danube River Network of Protected Areas, DANUBEPARKS), Balkanska okolišna udruga (The Balkan Environmental Association, B.EN.A.) i Međunarodno udruženje znanstvenika i stručnjaka za zaštitu okoliša (The International Association of Environmental Scientists and Professionals, IAESP).

Održavanjem simpozija obilježavamo tri značajne obljetnice: 50. obljetnicu zakonske zaštite Kopačkoga rita u kategoriji parka prirode (1976.); 5. obljetnicu proglašenja Petodržavnog rezervata biosfere Mura-Drava-Dunav (Austrija, Hrvatska, Mađarska, Srbija, Slovenija) pod UNESCO-ovim Programom „Čovjek i biosfera" (2021.), te 15. obljetnicu održavanja simpozija (2012.).

Program dvodnevnog simpozija, 1. i 2. listopada 2026. godine, donosi ukupno 127 priopćenja, od kojih 53 usmena i 74 posterska priopćenja. Tijekom petnaest godina, od prvog simpozija, održanog 27. rujna 2012. godine izloženo je ukupno 830 priopćenja.

Zadovoljni smo što je simpozij postao prepoznatljiv kao mjesto godišnjeg okupljanja znanstvenika, stručnjaka, studenata, nastavnika i članova udruga iz Hrvatske i inozemstva, kojima je pružena prilika prikazati postignuća svojih aktivnosti i nove spoznaje ostvarene sudjelovanjem u provedbi brojnih projekata uz nacionalnu ili potporu fondova Europske unije, uz posebni značaj sudjelovanja u prekograničnim i međunarodnim projektima iz područja zaštite prirode i okoliša.

Najljepše zahvaljujemo pokroviteljima simpozija: Ministarstvu zaštite okoliša i zelene tranzicije, Fondu za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost, Osječko-baranjskoj županiji i Gradu Osijeku, te sponzorima: Belje plus d.o.o., Libusoft Cicom d.o.o. i Valalta d.o.o. te partnerima: Huawei Technologies d.o.o. i programu TECH4ALL koji su prepoznali značenje i koristi ovoga simpozija za širu društvenu zajednicu.

U ime Organizacijskog i Programskog odbora
prof. dr. sc. Siniša Ozimec

FOREWORD

It is our pleasure to greet all of you dear participants and distinguished guests of the 15th International Symposium *Kopački Rit: Past, Present, Future 2026.*

The Symposium was jointly organized by: Public institution Kopački rit Nature Park; member units of the Josip Juraj Strossmayer University of Osijek: Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Faculty of Education, Faculty of Economics in Osijek, Faculty of Law Osijek and Green Legal Clinic, Faculty of Kinesiology Osijek, Department of Chemistry, Department of Physics, Department of Biology, Alumni of the Department of Biology, Public Institution Agency for Management of Protected Natural Values in Osijek-Baranja County, Institute for Medical Research and Occupational Health, Teaching Institute of Public Health for the Osijek-Baranja County, and Josip Juraj Strossmayer Water Institute.

International support for the organization of the symposium was provided by three international associations: The Danube River Network of Protected Areas (DANUBEPARKS), The Balkan Environmental Association (B.EN.A.) and The International Association of Environmental Scientists and Professionals (IAESP).

With this symposium we celebrate three exceptional anniversaries: the 50th anniversary of the legal protection of Kopački rit in category of Nature Park (1976); 5th anniversary of the proclamation of the Five-country Biosphere Reserve Mura-Drava-Danube (Austria, Croatia, Hungary, Serbia, Slovenia) under the UNESCO's Man and the Biosphere Programme (2021), and 15th anniversary of holding the Symposium „Kopački rit: Past, Present, Future" (2012).

Programme of the two-day symposium, 1 and 2 October 2026, delivers 127 presentations, of which 53 oral and 74 poster presentations. During the fifteen years since the first symposium held on 27 September 2012, a total of 830 presentations were held.

We are pleased that the symposium has become recognisable as an annual gathering place for scientists, experts, students, teachers and members of associations from Croatia and abroad, who are given the opportunity to present the achievements of their activities and new insights gained through participation in the implementation of numerous projects with national or European Union funding support, with particular importance given to participation in cross-border and international projects in the field of nature and environmental protection.

We are grateful to the patrons of the symposium: the Ministry of Environmental Protection and Green Transition, the Environmental Protection and Energy Efficiency Fund, Osijek-Baranja County, City of Osijek, and to the sponsors: Belje plus Ltd., Libusoft Cicom Ltd. and Valalta Ltd., and to the partners: Huawei Technologies Ltd. and TECH4ALL program who recognized the importance and benefits of this symposium for the wide social community.

On behalf of the Organizing and Programme Committees
Prof. Siniša Ozimec, PhD

Sadržaj / Contents

IVO ALEKSOV, STOJMIR STOJANOVSKI, NIKOLINA BEK, TANJA ŽUNA PFEIFFER, DUBRAVKA ŠPOLJARIĆ MARONIĆ, DANIELA-MICHAELA GRIGORE, JANA KLOPČEVSKA, BILJANA RIMČESKA
Vizualizacija dinamike onečišćenja: Integracija umjetne inteligencije, GIS-a i hidrobiološke stručnosti za razvoj inovativnih rješenja u području istraživanju i zaštiti voda / Visualizing pollution dynamics: Integrating AI, GIS and hydrobiological expertise for water innovation 22

SAJIDA AROOJ, TAMARA SAJDA, JORGE BERNAL-ALVIZ, MIRNA VELKI,DORA BJEDOV
Više mjerenja nije nužno više informacija: Paradoks biomarkera u slatkovodnoj ekotoksikologiji - dokazi na primjeru klena, *Squalius cephalus* / More measurements, not necessarily more information: The biomarker paradox in freshwater ecotoxicology - evidence from the European chub, *Squalius cephalus* 24

MARKO AUGUSTINOVIĆ, DORIAN TEPIĆ, KARLO MIKULACO
GPS praćenje životinja – što smo naučili? Pouke iz razvoja i terenske primjene LoRa GPS odašiljača / GPS tracking of animals – what have we learned?Lessons from developing and deployinga LoRa GPS tracker..... 28

GRACE AZEEZ, MASOMEH SHEMSHAD, ANNA WAJS-BONIKOWSKA
Kemijski sastav eteričnog ulja kima (*Carum carvi* L.) i fitotoksičnost na rotkvicu (*Raphanus sativus* L.) / Chemical composition of caraway (*Carum carvi* L.) essential oil and phytotoxicity on radish(*Raphanus sativus* L.)..... 30

ANTONIJA BARIŠIĆ LASOVIĆ, IGOR TADIĆ, ŽELIMIR MAROJEVIĆ, GABRIJELA MAKAJ, DORIAN TATARIN
Prostorna dinamika vodenih površina i vegetacije Kopačkog rita na temelju Sentinel-2 snimaka i vodostaja Dunava (2020.–2026.) / Spatial dynamics of water surfaces and vegetation in Kopački rit based on Sentinel-2 imagery and Danube water levels (2020–2026) 32

IVAN BEDEKOVIĆ, SINIŠA OZIMEC
Praćenje raznolikosti divlje faune korištenjem fotozamki uz bjelobrdsku Staru Dravu u okviru projekta „LIFE RESTORE for MDD“ / Monitoring of wild fauna diversity by camera traps along the Bjelobrdska Oxbow Lake within the „LIFE RESTORE for MDD“ project 34

TOMISLAVA BENIĆ, ALEN ČULJAK, TANJA IVANIŠ, VEHID IBRAKOVIĆ, ANDREA SERTIĆ
Spiralni vrt kao model praćenja okolišnih uvjeta i istraživački usmjerenog učenja u školskom okruženju / Spiral garden as a model for environmental monitoring and inquiry-based learning in a school environment..... 36

IVAN BENO, MATEJ ĐURIĆ, KARLA ĐINĐIĆ, MATEJ VUCIĆ, IVAN ŠPELIĆ, DAVID DIANEŽEVIĆ, DUŠAN JELIĆ
Longitudinalne promjene zajednice riba rijeke Kupe: Tri glavna tipa zajednica duž riječnog toka / Longitudinal changes in fish assemblages of the Kupa River: Three major assemblage types along the river continuum..... 38

DANIJELA BEZIK, HRVOJE SUČIĆ, IVAN DAMJANOVIĆ, BARBARA PETROVICKY ŠVEIGER, INES RUŠKAN, LEONTINA TOTH JAKELJIĆ, MARIKA KRALJ,DARIO KOLARIĆ, PAVO ŽIVKOVIĆ, TANJA MARKOVIĆ, HRVOJE BABIĆ, DORA LAZIĆ, ĐORĐA MEDIĆ
Monitoring kemijskog stanja površinskih voda u Parku prirode „Kopački rit“ tijekom 2025. godine / Monitoring the chemical state of surface waters in Kopački rit Nature Park during 2025 42

SANDRA BILONIĆ, ANTONIJA HULJEV, MARIJA KURILJ
Zastupljenost tema o održivosti u doktorskom obrazovanju u Hrvatskoj: Preliminarna analiza sadržaja studijskih programa / Representation of sustainability topics in doctoral education in Croatia: A preliminary content analysis of study programmes..... 44

SNJEŽANA BORANIĆ ŽIVODER, IVO BAŠIĆ
Promidžba lokalnih proizvoda Baranje kroz zajedničku marku povezanu s identitetom Kopačkog rita / Promotion of local products of Baranja through a common brand linked to the identity of Kopački rit 46

VESNA CETIN KRNJEVIĆ
Od stručnih podloga do obnove staništa na područjima ekološke mreže Natura 2000 / From expert studies to habitat restoration in sites of Natura 2000 ecological network 48

BILJANA ČINČURAK ERCEG
Pravni okvir za očuvanje i obnovu europskih močvarnih ekosustava / Legal framework for the conservation and restoration of European wetland ecosystems 50

ANDRIJANA ČOŠIĆ
Primjeri dobre prakse u gospodarenju opasnim i neopasnim otpadom i njihov doprinos zaštiti okoliša / Good practice examples in hazardous andnon-hazardous waste management and their contribution to environmental protection 54

IVAN DAMJANOVIĆ, DRAGAN PRLIĆ, SINIŠA OZIMEC
Preliminarno istraživanje faune šišmiša na području Aljmaškog rita (bjelobrdska Stara Drava) u okviru projekta „LIFE RESTORE for MDD“ / Preliminary monitoring of bat fauna in the Aljmaški Rit area (location Bjelobrdska Oxbow Lake) within the "LIFE RESTORE for MDD" project 56

IVAN DAMJANOVIĆ, HRVOJE SUČIĆ, DANIJELA BEZIK, BARBARA PETROVICKY ŠVEIGER, INES RUŠKAN, LEONTINA TOTH JAKELJIĆ, MARIKA KRALJ, DARIO KOLARIĆ, PAVO ŽIVKOVIĆ, TANJA MARKOVIĆ, HRVOJE BABIĆ, IVAN TOT
Monitoring podzemnih voda u Parku prirode“Kopački rit” tijekom 2025. godine / Groundwater monitoring in Kopački ritNature Park during 2025 58

TOMAZ NASCIMENTO DE MELO, JOSÉ W. RIBEIRO JR, CLAYDSON BEZERRA, MARÍA J. ANDRADE-NÚÑEZ, THIAGO BICUDO, LOLA ABED, GABRIEL AUGUSTO LEITE, GUILHERME MELO, GIULYANA ALTHMANN BENEDICTO, TALA HOUSSAMI, KRIS HARMON, IVANA MAJIĆ, SINIŠA OZIMEC, IVAN PLAŠČAK, VLATKO ROŽAC, MARCONI CAMPOS-CERQUEIRA
WildMon akustički *pipeline*: Skalabilan AI sustav za akustičko praćenje bioraznolikosti / WildMon acoustic pipeline: A scalable AI workflow for acoustic biodiversity monitoring 60

MATEA DENT, VIKTORIJA ERGOVIĆ, MIRAN KOH, PREDRAG SIMOVIĆ,BOGUMIŁ ŁOSIEWICZ, BARBARA VLAIČEVIĆ
Sastav zajednice vodenih kukaca u gorsko-planinskim potocima područja Slavonskog gorja tijekom zimske sezone / Aquatic insect assemblages in mountain streams in the Slavonian mountains during the winter season 62

DAVID DIANEŽEVIĆ, ROMAN KARLOVIĆ, FILIP CVETKO, IVA JAKOPČEVIĆ, SARA PLEŠE, NIKOLA RENIĆ, SVEN HORVATIĆ, GORAN TVRDINIĆ, SINIŠA VAJDIĆ, ZORAN MARČIĆ, MARKO ĆALETA, DAVOR ZANELLA, PERICA MUSTAFIĆ
Dnevno-noćne promjene sastava i strukture zajednice riba u Dunavu i donjem toku rijeke Drave u Hrvatskoj / Diel variation in fish community composition and size structure in the Danube River and the lower Drava River, Croatia 64

ANDREJA DORIĆ, NATAŠA MESIĆ MUHAREMI
Digitalni alati i simulacije u istraživanju utjecaja klimatskih promjena na močvarni ekosustavKopačkog rita / Digital tools and simulations for investigating climate change impacts on the Kopački rit wetland ecosystem 68

TAMARA ĐERĐ, DOMAGOJ K. HACKENBERGER, JANA ZADRO, BRANIMIR K. HACKENBERGER
Hranidbeni prozor vodenih ptica u poplavnom pulsu: Teorijski okvir za procjenu iz satelitskih snimki / Foraging window of waterbirds in the flood pulse: A theoretical framework for assessment from satellite imagery 70

SRĐAN ĐURIČIĆ, VALENTINA ŠLJIVAC
Arheološka istraživanja lokaliteta Stari grad u Voćinu / Archaeological research at the Old Town Voćin... 72

MATEJ ĐURIĆ, IVAN BENO, KARLA ĐINĐIĆ, MATEJ VUCIĆ, KARMELA ADŽIĆ,LANA JELIĆ, DUŠAN JELIĆ
Kombinirani pristup uklanjanju stranih vrsta riba u Trećem maksimirskom jezeru / A combined approach to the removal of non-native fish species from the Third Maksimir Lake 74

TATJANA ELEZ
Zoološki vrt Osijek i Park prirode „Kopački rit"u EAZA kampanji „Močvare za život" 2026.-2027 / Osijek ZOO and Kopački rit Nature Park in the EAZA campaign „Wetlands for Life" 2026–2027 78

VIKTORIJA ERGOVIĆ, MIRAN KOH, NATALIJA VUČKOVIĆ, ZLATKO MIHALJEVIĆ
Kako okolišni čimbenici oblikuju zajednice maločetinaša (Oligochaeta) u gorskim i prigorskim potocima Hrvatske? / What drives Oligochaeta assemblage structure in mountain streams? 80

FRAN FIŠER, LOVRO ŠILOVIĆ, TANJA ŽUNA PFEIFFER, FILIP STEVIĆ, DUBRAVKA ŠPOLJARIĆ MARONIĆ, MATEJ ŠAG, IVANA TURKOVIĆ ČAKALIĆ, NIKOLINA BEK
Primjena bespilotnih letjelica u praćenju razvoja fitoplanktona Biljskog jezera / Application of unmanned aerial vehicles in monitoring phytoplankton development in Lake Bilje 82

TIHOMIR FLORIJANČIĆ, IVO BAŠIĆ, VLATKO ROŽAC
Pojavnost afričke svinjske kuge u populaciji divljih svinja na području Parka prirode „Kopački rit" / Occurrence of African swine fever in Wild Boar population in Kopački rit Nature Park area 84

IRENA FRANJIĆ, DANIJEL CESTARIĆ
Jačanje mjera otpornosti na klimatske promjene za zaštitu i restauraciju ekosustava u Spačvansko – bosutskom bazenu – RETFOR / Strengthening climate resilience measures for protection and revitalisation of ecosystems in the Spačva – Bosut basin – RETFOR 86

IRENA FRANJIĆ, DANIJEL CESTARIĆ
Jačanje prekograničnog kapaciteta za bolju klimatsku otpornost šumskih ekosustava naprednom procjenom, testiranjem i demonstracijom rješenja za obnovu ekosustava - REBIOFORESTS / Strengthening cross – border capacity for better climate resilience of forest ecosystems by advanced assessment, testing and demonstrating solutions for ecosystem restoration REBIOFORESTS 88

MARTA FRLIN, IVANA ŠOLA
Egzogena ferulična kiselina diferencijalno modulira fenolni sastav mikropovrća brokule u uvjetima redovitog zalijevanja i poplave / Exogenous ferulic acid differentially modulates phenolic composition of broccoli microgreens under regular watering and flooding conditions 90

HANA FUNTAK, IRELLA BOGUT, ALMA ŠKUGOR, MONIKA MUŽAR-KOS
Dvojezična eko-slikovnica „Šuma moga djeda" Miroslava File Baboka u funkciji održivoga razvoja / The bilingual eco-picture book „My Grandfather's Forest" by Miroslav File Babok in the context of sustainable development 92

ELENA GAZDEK, LORENA CRNJAK, JASENKA ANTUNOVIĆ DUNIĆ, VESNA PERŠIĆ
Utjecaj željeza na fotosintetsku aktivnost u slatkovodnim zelenim algama *Parachlorella kessleri* i *Desmodesmus communis*: preliminarno istraživanje / Effect of iron on photosynthetic activity in the freshwater green algae *Parachlorella kessleri* and *Desmodesmus communis*: preliminary study 94

GORDON GILJA, ANTONIJA HARASTI
Od gospodarenja nanosom do regulacije rijeke temeljene na rješenjima iz prirode: Koncept umjetnog otoka na ušću Drave u Dunav / From sediment management to nature-based river training: Concept of an artificial island at the Drava–Danube confluence 96

DARIA GMIŽIĆ, IVANA ŠOLA
Fotosintetski pigmenti klijanaca brokulepod vodnim stresom / Photosynthetic pigments of broccoli sproutsunder water stress 98

GORDANA GORETA, NAJLA BAKOVIĆ, MAJA RADIŠIĆ, JOSIP RUBINIĆ
Hidrološki izazovi rijeke Krke (Hrvatska): Smanjenje protoka, porast temperature vode i procjena ekološki prihvatljivog protoka / Hydrological challenges of the Krka River (Croatia): Declining flows, rising water temperaturesand environmental flow assessment 100

PERO GRGIĆ, EDITA BORIĆ
Implementacija Kopačkog rita u kurikulum srednjih strukovnih škola: Povezivanje prirodne i kulturne baštine kroz iskustveno učenje / Implementation of Kopački rit in the curriculum of secondary vocational schools: Linking natural and cultural heritage through experiential learning 102

PERO GRGIĆ, EDITA BORIĆ
Kopački rit kao učionica na otvorenom: Primjer modularne nastave u strukovnom poljoprivrednom obrazovanju / Kopački rit as an open-air classroom:An example of modular teaching in vocational agricultural education 104

BEATA GRYGIERZEC, KRZYSZTOF SŁOWIŃSKI, MARTA KEMPF, SYLWESTER TABOR, ROBERT WITKOWICZ, MATEUSZ KRUPA, ANGELIKA KLISZCZ, JANINA GOSPODAREK, STANISŁAW MAZUR, PIOTR KEMPF, MARIN LUKAČEVIĆ, AGNIESZKA SYNOWIEC
Mikrovalno inducirana desikacija rizoma japanskog dvornika (*Reynoutria japonica* Houtt.): Implikacije za tehniku zbrinjavanja / Microwave-induced desiccation of Japanese knotweed (*Reynoutria japonica* Houtt.) rhizomes: Implications for disposal technique 106

MIRNA HABUDA-STANIĆ, TAMÁS GERGELY MOLNÁR, KINGA KATALIN LEFLER, DAJANA GAŠO-SOKAČ, VALENTINA BUŠIĆ, RÉKA BALOGH, GÁBOR PÉTER BELICZKY, ANDRÁS BOGNÁR
Procjena ekološkog i gospodarskog značaja ribnjaka u Hrvatskoj i Mađarskoj za održiviju i klimatski otporniju akvakulturu / Assessing the ecological and economic impact of fish ponds in Croatia and Hungary towards more sustainable and climate resilient aquaculture 108

LEA HORVAT, NIKOLINA ANASTASIJEVSKI, VIKTORIJA ERGOVIĆ, MIRAN KOH, PREDRAG SIMOVIĆ, BOGUMIŁ ŁOSIEWICZ, IVANA TURKOVIĆ ČAKALIĆ, BARBARA VLAIČEVIĆ
Okolišni čimbenici koji oblikuju zajednice porodice Chironomidae (Diptera) i njihova primjena u procjeni ekološkog stanja jezera na Papuku / Diversity and ecological drivers of Chironomidae assemblages in lakes of Papuk Mountain 110

CHIARA IMPARATO, IGOR MIKLAVČIĆ, DENIS STANIĆ, VANJA RADOLIĆ,MARINA POJE SOVILJ
Koncentracija aktivnosti radona u vanjskom zraku u Osijeku: Vremenska promjenjivost i povezanost s temperaturom, relativnom vlažnošću zraka, atmosferskim tlakom i lebdećim česticama PM_{10} / Outdoor radon concentration in City of Osijek: Temporal variability and relationships with temperature, relative humidity, atmospheric pressure and particulate matter PM_{10} 112

VJEKO IVAKOVIĆ, LORA KRČMAR, LEONARDA SUDAR, ELENA ŽIVAKOVIĆ, OLGA JOVANOVIĆ GLAVAŠ
Evaporativni gubitak vode kod vodozemaca / Evaporative water loss in amphibians 114

MILAN IVANOVIĆ
Povijest industrije Baranje (7) „Belje" - tvornica mliječnih proizvoda u Belom Manastiru / History of industry in Baranja (7) - „Belje" - dairy products factory in Beli Manastir 116

MILAN IVANOVIĆ
Povijest industrije Baranje (8) „Belje" - Tvornica stočne hrane u Dardi / History of industry in Baranja (8) „Belje" – Animal feed factory in Darda 120

SARA JANUŠ, MIRNA VELKI, DORA BJEDOV
Plastika na vrhu: Učestalost, obilježja te izazovi istraživanja mikroplastike u grabljivicama / Plastic at the top: Occurrence, characteristics and research challenges of microplastics in birds of prey 124

MARTA JELINEK, MATIJA KARAPETRIĆ, LARA KOVAČ, MARINA BOČEK, TANJA ŽUNA PFEIFFER, DUBRAVKA ŠPOLJARIĆ MARONIĆ, NIKOLINA BEK, LJILJANA KRSTIN
Od herbarijskog lista do digitalnog zapisa: Digitalizacija herbarijske zbirke porodice Fabaceae Odjela za biologiju (Osijek) / From herbarium sheet to digital record: Digitization of the herbarium collection of the family Fabaceae at the Department of Biology (Osijek) 126

LIDIJA KALINIĆ, MARTIN BARBERIC, SELMA MLINARIĆ, MARTINA ŠRAJER GAJDOŠIK, VLATKA GVOZDIĆ
Procjena zaštitnog učinka ekstrakta hrastovih šiški na oksidativno oštećenje DNA / Evaluation of the protective potential of knopper galls extracts against oxidative DNA damage 128

MATIJA KARAPETRIĆ, MIA MATKOVIĆ, TAMARA ŠPOLJARIĆ, EMA ERDELJIĆ, MARIJA GELENČIR, IRENA LABAK, NATAŠA BUŠIĆ
Povezanost znanja i stavova učenika o održivom razvoju i očuvanju autohtonih sorti / Association between students' knowledge and attitudes regarding sustainable development and the preservation of autochthonous varieties 130

KACPER KAWALSKI, MACIEJ KAMASZEWSKI, JAKUB MARTYNOW, HUBERT SZUDROWICZ, DOBROCHNA ADAMEK-URBAŃSKA, WIKTORIA CIEŚLA, BOGUMIŁ ŁOSIEWICZ
Učinci srebrnih nanočestica i iona srebra na razvoj i morfološka obilježja juvenilnih jedinki gupija (*Poecilia reticulata* Peters, 1859) / Effects of silver nanoparticles and silver ions on developmental and morphological abnormalities in juvenile guppies (*Poecilia reticulata* Peters, 1859) .. 132

KRISTINA KIŠ, LORA KRČMAR, OLGA JOVANOVIĆ GLAVAŠ
Utjecaj umjetnog noćnog osvjetljenja na duljinu tijela ličinki zelene krastače (*Bufotes viridis*) / Effect of artificial light at night on body length of European green toad (*Bufotes viridis*) larvae 134

LIDIJA KLADARIĆ, RENATA ĆUK, MAJA CELINŠĆAK, YANKA VIDINOVA, ALEKSANDAR POPIJAČ
Raznolikost vodencvjetova (Ephemeroptera, Insecta) u porječjima Drave i Dunava na području Slavonije / Diversity of Mayflies (Ephemeroptera, Insecta) in the Drava and Danube River catchments of Slavonia 136

ANA-MARIJA KLARIĆ, MARINA TIŠMA
Nova hrana i alternativni proteini u održivom prehrambenom sustavu / Novel food and alternative proteins in a sustainable food system 138

OLGICA KLEPAČ, ANKICA SARAJLIĆ, DAVID KRANJAC, IVANA MAJIĆ
Stavovi o umjetnoj inteligenciji (UI) i njenoj ulozi u unapređenju upravljanja okolišem među posjetiteljima MUZZA-e / Attitudes towards artificial intelligence (AI) and its role in improving environmental management among MUZZA visitors 140

ZORAN KOMESAROVIĆ
Održivo upravljanje Gajnom: Poplavni pašnjak, autohtone hrvatske pasmine i očuvanje bioraznolikosti / Sustainable management of Gajna: Floodplain pasture, indigenous Croatian breeds, and biodiversity conservation 142

ZORAN KOMESAROVIĆ
Radinje kao prostor preklapanja lovnog gospodarenja, poplavnih nizinskih šuma i ekološke mreže / Radinje as an overlapping area between hunting management, lowland floodplain forests and the ecological network 144

LARA KOVAČ, MATIJA KARAPETRIĆ, GABRIELA GALIĆ, PETRA TUŠKAN-HEPAK, MONIKA KADAK, TANJA ŽUNA PFEIFFER, DUBRAVKA ŠPOLJARIĆ MARONIĆ, FILIP STEVIĆ, NIKOLINA BEK
Tihi osvajači: Invazivne strane biljne vrste u okolici jezera Lapovac / Silent invaders: Invasive alien plant species near Lake Lapovac.....146

ELVIRA KOVAČ-ANDRIĆ, VLATKA GVOZDIĆ, NIKOLINA FILIPOVIĆ, ROKO MARAS, STJEPAN ŠARIĆ, VANESA VILJEVAC
Utjecaj toplinskih valova i meteoroloških čimbenika na razinu prizemnog ozona u urbanim ekosustavima kontinentalne i obalne Hrvatske / Impact of heatwaves and meteorological factors on ground-level ozone levels in urban ecosystems of continental and coastal Croatia 148

LORA KRČMAR, KRISTINA KIŠ, LUCA ZELIĆ, BRANIMIR HACKENBERGER KUTUZOVIĆ, OLGA JOVANOVIĆ GLAVAŠ
Utjecaj mikroplastike i insekticida mospilan na preživljavanje, razvoj, oksidativni stres i neurotoksične učinke kod punoglavaca vrste *Bufotes viridis* / Impact of microplastics and the insecticide mospilan on survival, development, oxidative stress, and neurotoxic effects in *Bufotes viridis* tadpoles 150

STJEPAN KRČMAR, MARIANA PUŠKARIĆ, IVANA VRUĆINA, LORA KRČMAR
Muhe ušare (Diptera: Hippoboscidae) – novi lokaliteti nalaza u Hrvatskoj / Louse flies (Diptera: Hippoboscidae) – new locality records in Croatia.....152

SONJA KUČERA, DUNJA KUFNER, MIRELA KOTROMANOVIĆ, VLATKO ROŽAC, KRISTINA ROMANJEK, MARIN ŠKORO, MARIJA VEREŠ, BORIS BOLŠEC, IVO BAŠIĆ
Važnost edukacija o očuvanju ugrožene vrste leptira kiseličinom vatrenom plavcu(*Lycaena dispar*, Haworth, 1802) / The importance of education on the conservation of the endangered butterfly species Large Copper butterfly (*Lycaena dispar*, Haworth, 1802) 154

MARIJA KUŠIĆ
BZVZ: Budrovčani za vedriji zavičaj- od istraživanja do djelovanja / BZVZ: Budrovci residents for a cheerful homeland – from research to action.....156

BOGUMIŁ ŁOSIEWICZ, VIKTORIJA ERGOVIĆ, PREDRAG SIMOVIĆ,JELENA STANKOVIĆ RISTIĆ, MACIEJ KAMASZEWSKI
Bez recepta za vodene organizme: Učinci kontinuirane izloženosti farmaceutskim analgeticima na emergenciju vrste *Chironomus riparius* Meigen, 1804 / No prescription for aquatic organisms: Non-stop exposure to pharmaceutical analgesics reveals emergence-altering effects on *Chironomus riparius* Meigen, 1804 158

ANĐELINA LOVRIĆ, VALENTINA KREŠIĆ, LJILJANA KRSTIN, ZDENKO TURNIŠKI, MIRNA ĆURKOVIĆ-PERICA, ZORANA KATANIĆ
Preliminarna procjena utjecaja natrijeva klorida na rast izolata gljive *Ophiostoma novo-ulmi* / Preliminary assessment of the effect of sodium chloride on the growth of fungus *Ophiostomanovo-ulmi* isolates.....160

FILIP LOŽEK, MATEJ VUCIĆ, SANDRA HUDINA, MARIJA VEREŠ, VLATKO ROŽAC, IZIDORA MARKOVIĆ VUKADIN
Novi invazivni deseteronožac u Kopačkom ritu: Prvi nalaz *Macrobrachium nipponense* u Hrvatskoj / A new invasive decapod in Kopački rit: First record of *Macrobrachium nipponense* in Croatia 162

IVANA LUKAČ, ANĐELINA LOVRIĆ, LJILJANA KRSTIN, ZDENKO TURNIŠKI, MIRNA ĆURKOVIĆ-PERICA, ZORANA KATANIĆ
Zaraza stabala brijesta veza (*Ulmus laevis*) gljivom *Ophiostoma novo-ulmi* u Kopačkom ritu / Infection of the European white elm (*Ulmus laevis*) by fungus *Ophiostoma novo-ulmi* in the area of Kopački rit 164

MARIN LUKAČEVIĆ, KRZYSZTOF SŁOWIŃSKI, BEATA GRYGIERZEC, ŁUKASZ MARCIN MATEUSIAK, EDITA ŠTEFANIĆ, AGNIESZKA SYNOWIEC, SYLWESTER TABOR, MICHAŁ GRANISZ
Utjecaj tlačne sile na pucanje endokarpa američke crne trešnje (*Prunus serotina* Ehrh.) / Effects of compressive force on American black cherry (*Prunus serotina* Ehrh.) endocarp fracture.....166

IVANA MAJIĆ, VLATKO ROŽAC, IVAN PLAŠČAK, SINIŠA OZIMEC
Od senzora do priča – ljudska strana projekta „WatchOut" / From sensors to stories – the human side of the "WatchOut" project.....168

TOMISLAV MANDIR, IVANA PAVASOVIĆ, ŽELJKA VREBAC,IVAN DARKO GRLICA, IVAN GRLICA
Identifikacija i restauracija gnijezdećih staništa riječnih ptica na Dravi i Dunavu kroz projekt „Riparia: Restoring River Nesting Grounds" / Identification and restoration of riverine bird nesting habitats on the Drava and Danube rivers through the project "Riparia: Restoring River Nesting Grounds".....170

KATARINA MAROŠEVIĆ
Okolišna dimenzija održivosti u okviru globalnih ciljeva održivog razvoja: Komparativna analiza promjena 2020. i 2025. godine / The environmental dimension of sustainability within the global goals of sustainable development: A comparative analysis of the 2020 and 2025 changes.....172

JAKUB MARTYNOW, KACPER KAWALSKI, MACIEJ KAMASZEWSKI, HUBERT SZUDROWICZ, WIKTORIA CIEŚLA, BOGUMIŁ ŁOSIEWICZ
Dugoročni učinci izloženosti srebrnim nanočesticama na zebricu (*Danio rerio*) / Longterm impact of silver nanoparticleson zebrafish (*Danio rerio*).....174

MATEJ MARUŠIĆ, PETAR GLAVAŠ, ANITA CHENESHKOVA, VLATKO ROŽAC
Pilot aktivnosti u okviru Ramsarske regionalne incijative Danube WILDisland / Pilot activities within the Danube WILDisland Ramsar Regional Initiative.....176

DANIJELA MATEŠIĆ, VALENTINA MAJDENIĆ, IRELLA BOGUT, ANITA TOT, IVANČICA JURČEVIĆ
Slikovnica iz serijala „Zelene priče" Martine Markov kao poticaj za učenje o prirodi:„Marko u Lonjskom polju" / A picture book series „Green Stories" by Martina Markov as an inspiration for learning about nature: „Marko in Lonjsko Polje".....178

NIKOLA MENALO, IRENA ROZIĆ, JOSIP VEKIĆ
Izazovi upravljanja malim indijskim mungosom (*Urva auropunctata* Hodgson, 1836) u prekograničnom području Delte Neretve i Hutova blata / Management challenges of the small indian mongoose (*Urva auropunctata* Hodgson, 1836) in the transboundary area of the Neretva Delta and Hutovo Blato.....180

MELITA MIHALJEVIĆ, FILIP STEVIĆ, DUBRAVKA ŠPOLJARIĆ MARONIĆ,TANJA ŽUNA PFEIFFER, VANDA ZAHIROVIĆ
Utjecaji ekstremnih suša na vodene ekosustave poplavnog područja Kopačkog rita / The impacts of extreme droughts on water ecosystems of Kopački rit floodplain.....182

TIBOR MIKUSKA
Što nam orlovi štekavci govore o Kopačkom ritu nakon 147 godina istraživanja? / What White-tailed Eagles tell us about Kopački rit after 147 years of research?.....184

MILICA NEDELJKOVIĆ
Živi svijet u kapljici vode – razvoj prirodoznanstvenih kompetencija učenika i D domene predmetnog kurikuluma Biologije istraživačkim učenjem / The living world in a drop of water – developing students' scientific competencies and domain D outcomes of the Biology subject curriculum through inquiry-based learning.....186

LJUBICA NEDIĆ, IRENA KIŠMARTIN, IRELLA BOGUT
BioBlitz i Zelena knjižnica FOOZOS-a – zeljaste i drvenaste biljke Sveučilišnog kampusa u Osijeku / BioBlitz and Green Library of the Faculty of Education – herbaceous and woody plants of the University Campus in Osijek.....188

MARTINA NEMET, DORA DULEMBA
Skriveni ekološki otisak umjetne inteligencije: Utjecaj tehnologija umjetne inteligencije na vodne i energetske resurse / Hidden ecological footprint of artificial intelligence: The impact of artificial intelligence technologies on water and energy resources.....190

EMMANUEL KARLO NYARKO
Od zvuka do ekološkog uvida: Praktični uvod u bioakustiku / From sound to ecological insight: A hands-on introduction to bioacoustics.....192

SINIŠA OZIMEC, IVANA MAJIĆ, TIHOMIR FLORIJANČIĆ, ANKICA SARAJLIĆ, IVAN PLAŠČAK, DORIJAN RADOČAJ, DRAGAN PRLIĆ, MARIN ŠKORO, MARIJA VEREŠ, VLATKO ROŽAC
Postignuća standardnog monitoringa bioraznolikosti u Parku prirode „Kopački rit“ tijekom provedbe projekta „Watch Out“ / Achievements of standard biodiversity monitoring in Kopački rit Nature Park during the implementation of the "Watch Out" project 194

SINIŠA OZIMEC, DRAGAN PRLIĆ, IVAN DAMJANOVIĆ, IVANA MAJIĆ, TIHOMIR FLORIJANČIĆ, DINKO JELKIĆ, ANĐELKO OPAČAK, DAVOR KOJIĆ, ANKICA SARAJLIĆ, HELENA EREŠ
Pregled aktivnosti biotičkog monitoringa u pilot području uz rijeku Dravu kod naselja Novi Gradac u okviru projekta „DANSER“ / Overview of the biotic monitoring activities in the pilot area along the Drava River near the village of Novi Gradac within the "DANSER" project 196

MARKO OŽURA, NINA POPOVIĆ, ZRINKA MESIĆ
Primjena novih tehnologija za inventarizaciju i praćenje stanja šumskih ekosustava / Application of new technologies for inventorying and monitoring the state of forest ecosystems 198

IVAN PAVIČIĆ, ANDREA LOVRIĆ, TOMISLAV BOGDANOVIĆ, ANA MARIJA MARJANOVIĆ ČERMAK, KRUNOSLAV ILIĆ, BRANKO PETRINEC
Vretenci (Odonata) kao bioindikatori radionuklidnog opterećenja vodenih staništa Rezervata biosfere Mura–Drava–Dunav / Bioaccumulation of radionuclides in dragonflies (Odonata) of the aquatic habitats in the Mura–Drava–Danube Biosphere Reserve.....200

MONIKA PAVIĆ, MAJA JURIĆ-BABAJA, IVANA PAVLIN
Od terena do umjetne inteligencije – istraživanje bioraznolikosti s učenicima / From fieldwork to artificial intelligence – investigating biodiversity with students.....202

IDA PAVLIN, JASNA OREŠKOVIĆ, SAŠA KOLAR, IVICA PAVIČIĆ, ŽELJKO DUIĆ, BOJAN MATOŠ, BORNA-IVAN BALAŽ, LARA ŠEMBERA
Geološka i geofizička istraživanja za procjenu brzine sedimentacije u području Parka prirode „Kopački rit“ u okviru projekta „DANSER“ / Geological and geophysical investigations for assessing the sedimentation rate in Kopački rit Nature Park within the „DANSER“ project.....204

MATEJA PETRAČIĆ
Održiva turistička valorizacija prirodnih resursa Karlovačke županije: Između zaštite prirodne baštine i razvojnih potencijala / Sustainable tourism valorisation of natural resources in Karlovac County: Between natural heritage protection and development potential.....206

JURAJ PETRAVIĆ, RATKO POPOVIĆ, MATIJA PETRAVIĆ, MIROSLAV ZABORSKI, JOSIPA BIONDA RAJČIĆ, KRISTINA MUIĆ, KATARINA ČAVLOVIĆ, TOMISLAV VUKELIĆ
Odakle je stigao smeđi medvjed (*Ursus arctos*) u općinu Vojnić? Širenja areala i važnosti stanišne povezanosti / Where did the brown bear (*Ursus arctos*) come from to the Municipality of Vojnić? Range expansion and the importance of habitat connectivity. 208

JURAJ PETRAVIĆ, MARTINA MATASIĆ HULJINA, GORDANA PURGAR, ORHIDEJA PAVLIĆ GOJAK, IVANKA JURKOVIĆ, RATKO POPOVIĆ,TOMISLAV VUKELIĆ
Karlovac primjer suvremenog urbanog ozelenjivanja! Novih 1165 posađenih stabala iz 72 taksona u pet godina / Karlovac City a model of contemporary urban greening! New 1,165 planted trees representing 72 taxa in five years....211

MARINA PETRIĆ, VLATKO ROŽAC, IVAN VUČKOVIĆ, IDA ČARNOHORSKI,MLADEN PLANTAK, ALEKSANDAR DROBNJAK
Obnova Europske Amazone: Restauracija rukavaca i obnova hidroloških procesa u Parku prirode "Kopački rit" / Restoring the Amazon of Europe: Side channel restoration and recovery of hydrological processes in Kopački rit Nature Park....213

BRANKO PETRINEC, BRANIMIR ZUNER, DINKO BABIĆ, MARINA SERENČEŠ, NIKOLA VOLARIĆ, ALEKSANDAR VČEV, ANDREA LOVRIĆ, IGOR MIKLAVČIĆ
Koncentracije aktivnosti ^{210}Pb u zraku napodručju Osijeka / Activity concentration of airborne ^{210}Pb in the Osijek area....215

IVAN PLAŠČAK, SINIŠA OZIMEC, IVANA MAJIĆ, MLADEN JURIŠIĆ, DORIJAN RADOČAJ, ANKICA SARAJLIĆ, HELENA EREŠ, VLATKO ROŽAC, MARIJA VEREŠ, MARIN ŠKORO, TIHOMIR FLORIJANČIĆ, DENIS DEŽE
Izazovi integracije satelitskih podataka srednje rezolucije i bioakustičkog monitoringa u modeliranju popunjenosti staništa: Studija slučaja u dinamičnom ekosustavu poplavnog područja / Challenges of integrating medium-resolution satellite data and bioacoustic monitoring in habitat occupancy modeling: A case study in a dynamic floodplain ecosystem....217

ANA POPOVIĆ
Mogućnost upotrebe biosonifikacije biljaka u edutainmentu i interpretaciji prirode Kopačkog rita / Possibility of using plant biosonification in edutainment and nature interpretation of Kopački rit....221

RATKO POPOVIĆ, JURAJ PETRAVIĆ, LIDIJA ŠVER, GORAN GUŽVICA, SLAVEN RELJIĆ, KRISTIJAN TOMLJANOVIĆ
Korištenje poljoprivrednih površina jelena običnog (*Cervus elaphus*) nakon ispuštanja na području sjevernog Velebita / Use of agricultural areas by Red Deer (*Cervus elaphus*) after release in the northern Velebit area....223

MIRNA PRUSINA, ZDENKA ĆUTEK
Bilje očima STEAM-a / Bilje through the eyes of STEAM....227

DORIJAN RADOČAJ, MLADEN JURIŠIĆ, IVAN PLAŠČAK, DARIA GALIĆ SUBAŠIĆ, LUCIJA GALIĆ
Povezivanje fenoloških metrika Sentinel-2 i vegetacijskih indeksa otpornih na zasićenje za bolju korelaciju s prinosom kukuruza / Linking Sentinel-2 phenology metrics with saturation-resistant vegetation indices for improved maize yield correlation....229

DORIJAN RADOČAJ, IVAN PLAŠČAK, MLADEN JURIŠIĆ,IVANA MAJIĆ, SINIŠA OZIMEC, ANKICA SARAJLIĆ, VLATKO ROŽAC
Desetljeće satelitskog praćenja vegetacije u Parku prirode „Kopački rit" / A decade of satellite-based vegetation monitoring in Kopački rit Nature Park....231

GORAN RADONIĆ, MARKO DOBOŠ, GORAN PAVIĆ, IVICA SAMARĐIĆ, IVA GALIĆ, MARIJA KOVAČEVIĆ
Speleološki objekti Slavonskog gorja / Speleological features of the Slavonian hills....233

MARIN REŽIĆ
Umjetna inteligencija u praćenju i zaštiti Parka prirode „Kopački rit": Dosadašnja primjena i razvojne mogućnosti / Artificial intelligence in the monitoring and protection of Kopački rit Nature Park: Current application and developmental potential....235

MARKO REŽIĆ
Prostorna analiza demografskih promjena odabranih naselja u okolici Parka prirode "Kopački rit", 2001.-2021 / Spatial analysis of demographic changes in selected settlements in the vicinity ofKopački rit Nature Park, 2001-2021 237

JOSÉ W. RIBEIRO JR, TOMAZ NASCIMENTO DE MELO, CLAYDSON BEZERRA, MARÍA J. ANDRADE-NÚÑEZ, THIAGO BICUDO, LOLA ABED, GABRIEL AUGUSTO LEITE, GUILHERME MELO, GIULYANA ALTHMANN BENEDICTO, TALA HOUSSAMI, KRIS HARMON, IVANA MAJIĆ, SINIŠA OZIMEC, IVAN PLAŠČAK, VLATKO ROŽAC, MARCONI CAMPOS-CERQUEIRA
Slušanje Kopačkoga rita: Uvid u ekoakustiku iz projekta WatchOut / Listening to Kopački rit: Ecoacoustic insights from the WatchOut project 239

JASMINA RINKOVEC, GORDANA PEHNEC, SILVIJE DAVILA, DARIJO BRZOJA, DANICA KRALJEVIĆ
Građanska znanost kao alat za edukaciju o kvaliteti zraka: Početni koraci nacionalnog projekta / Citizen science as a tool for air quality education: Initial steps of a national project 242

TIHANA RISTIĆ, LIVIA SEKEREŠ, MIRJANA BABAN, PETRA PRLIĆ
Uloga konjogojstva u razvoju ruralnog i konjičkog turizma Slavonije i Baranje / The role of horse breeding in the development of rural and equestrian tourism in Slavonia and Baranja....244

KRISTINA ROMANJEK, VEDRAN ŠEGOTA, ANTUN ALEGRO, ZDENKO TURNIŠKI, MARIJA VEREŠ, MARIN ŠKORO, SONJA KUČERA, BORIS BOLŠEC, VLATKO ROŽAC
Rezultati druge godine monitoringa staništa u sklopu aktivnosti projekta LIFE WILDisland / Results of the second year of habitat monitoring within activities of the LIFE WILDisland project.....247

VLATKO ROŽAC, MARIJA VEREŠ, MARIN ŠKORO, BORIS BOLŠEC, KRISTINA ROMANJEK, SONJA KUČERA, IVANA MAJIĆ, SINIŠA OZIMEC, IVAN PLAŠČAK, ANKICA SARAJLIĆ, HELENA EREŠ, DENIS DEŽE, IVO BAŠIĆ
Bioakustički monitoring u projektu „WatchOut" kao potpora monitoringu ornitofaune Parka prirode „Kopački rit" / Bioacoustic monitoring in the "WatchOut" Project as support for ornithofauna monitoring in Kopački rit Nature Park....249

VEDRAN RUŠEC, IVNA ŠTOLFA ČAMAGAJEVAC, LJILJANA KRSTIN, VLATKA GVOZDIĆ, ELVIRA KOVAČ-ANDRIĆ, ZORANA KATANIĆ
Utjecaj natrijeva selenita na rast gljive *Ophiostoma novo-ulmi* i njezin potencijal za sintezu nanočestica selena / Effects of sodium selenite on the growth of the fungus *Ophiostoma novo-ulmi* and its potential for selenium nanoparticle synthesis....251

MAJA SABLJAK, DRAŽEN IVAŠTINOVIĆ, INES MIANI
Poboljšano upravljanje Parkom prirode "Lonjsko polje" / Improved management of Lonjsko Polje Nature Park....253

ANKICA SARAJLIĆ, SINIŠA OZIMEC, ZLATKO PUŠKADIJA, IVANA MAJIĆ, MARIN KOVAČIĆ, HELENA EREŠ, DENIS DEŽE, MATO DRENJANČEVIĆ
Suvremeni pristupi istraživanju funkcionalne bioraznolikosti vinogradarskih agroekosustava / Exploring functional biodiversity in vineyard agroecosystems: Contemporary approaches....255

DENIS STANIĆ, MARINA POJE SOVILJ, IGOR MIKLAVČIĆ, ANA PAVLAČIĆ, BRUNO KOVAČ, VANJA RADOLIĆ
Utjecaj energetske obnove zgrade Odjela za fiziku i Fakulteta primijenjene matematike i informatike na koncentraciju radona / Impact of the energy renovation of the building of the Department of Physics and the Faculty of Applied Mathematics and Informatics on indoor radon concentration....257

MARIN ŠKORO, KRISTINA ROMANJEK, MARIJA VEREŠ, SONJA KUČERA, BORIS BOLŠEC, VLATKO ROŽAC
S manje invazivnih vrsta – očuvanje prioritetnih staništa Parka prirode "Kopački rit" uklanjanjem invazivnih vrsta / Fewer invasive species – conservation of priority habitats in Kopački rit Nature Park through the removal of invasive alien species....259

MARTINA ŠPOLJARIĆ
Klimatske promjene i vodni resursi u Europi / Climate change and water resources in Europe....262

DUBRAVKA ŠPOLJARIĆ MARONIĆ, ANITA GALIR, KARLA ERDELJI, TEA KOMLJENOVIĆ, TANJA ŽUNA PFEIFFER, FILIP STEVIĆ, NIKOLINA BEK, MATEJ ŠAG, BOGUMIŁ ŁOSIEWICZ, MACIEJ KAMASZEWSKI
Utjecaj hipnotika na prirodne planktonske zajednice / The influence of hypnotics on natural plankton communities....264

IVANA ŠTIBI, MARIJA GAURINA, IVANA KATAVIĆ, JOSIP STEPANIĆ
Od obrazovanja za održivost prema djelovanju za održivost: Iskustva programa ESG Junior / From education for sustainability to action for sustainability: Experiences from the ESG Junior program....268

LARA TIŠLJAR, VIKTORIJA ERGOVIĆ, MIRAN KOH, IVANA TURKOVIĆ ČAKALIĆ, PREDRAG SIMOVIĆ, BARBARA VLAIČEVIĆ
Sastav makrozoobentosa u kanalima šireg područja Kopačkog rita s posebnim osvrtom na invazivnu vrstu *Limnomysis benedeni* Czerniavsky, 1882 / Composition of macrozoobenthos in the channels of the wider area of Kopački rit with special reference to the invasive species *Limnomysis benedeni*Czerniavsky, 1882....270

IVANA TURKOVIĆ ČAKALIĆ, BARBARA VLAIČEVIĆ, VIKTORIJA ERGOVIĆ, MIRAN KOH
Raznolikost okućenih ameba u sedrotvornom sustavu Papukkale / Diversity of testate amoebae in the tufa-forming habitat Papukkale....272

MARIJA VEREŠ, MARIN ŠKORO, KRISTINA ROMANJEK, SONJA KUČERA,VLATKO ROŽAC, BORIS BOLŠEC
Rezultati monitoringa gniježđenja štekavca u Parku prirode „Kopački rit" u 2026. godini / Results of monitoring of White-tailed eagle nesting in Kopački rit Nature Park in 2026 year....274

KREŠIMIR VIDAČIĆ, IRELLA BOGUT, MILA BULIĆ, IRENA KIŠMARTIN
Usklađenost sadržaja silabusa prirodoslovnih kolegija s odgojno-obrazovnim ishodima kurikuluma Prirodoslovlja / Alignment of syllabi content of natural science courses with the educational outcomes of the natural science curriculum....276

NIKOLINA VIDOVIĆ
Obrazovanje učenika o važnosti principa biosigurnosti i biozaštite / Educating students about the importance of biosafety and biosecurity principles....278

SANJA VIDOVIĆ, KSENIJA KATALINIĆ
Kopački rit kao prostor učenja: Biomimikrija i novi pristupi interpretaciji prirodne i tehničke baštine / Kopački rit as a learning space: Biomimicry and new approaches to the interpretation of natural and technical heritage....280

ANDREJ VINAJ, STJEPAN KRČMAR
Od otpada do dokaza: Prehrambene prilagodbe i dvojaka uloga kožuškara (Dermestidae) / From waste to evidence: Feeding adaptations and the dual role of dermestid beetles (Dermestidae)....282

BARBARA VLAIČEVIĆ, IVANA TURKOVIĆ ČAKALIĆ
Protozooplankton u vodenim sustavima Rezervata biosfere Mura-Drava-Dunav / Protozooplankton in the aquatic systems of the Biosphere Reserve Mura-Drava-Danube....284

ANJA VLAŠIĆ, MIRNA VELKI, DORA BJEDOV
Izloženost terestričkih oportunističkih ptica mikroplastici i učinci na oksidativni stres / Microplastic exposure in terrestrial opportunistic birds and effects on oxidative stress.....286

RAFAŁ WILD, KACPER KAWALSKI, JAKUB MARTYNOW, BOGUMIŁ ŁOSIEWICZ
Domestikacijom uzrokovane promjene olfaktorne rozete europskog grgeča (*Perca fluviatilis*) / Domestication-induced changes in the olfactory rosette of European perch (*Perca fluviatilis*) 288

JANA ZADRO, TAMARA ĐERĐ, DOMAGOJ K. HACKENBERGER, BRANIMIR K. HACKENBERGER
Primjena računalnog vida u automatiziranoj analizi faune skokuna (Collembola): Potencijal za monitoring mezofaune poplavnih ekosustava / Computer vision in automated analysis of springtails (Collembola) fauna: Potential for monitoring soil mesofauna in floodplain ecosystems.....290

JANA ZADRO, TAMARA ĐERĐ, DOMAGOJ K. HACKENBERGER, DAVORKA K. HACKENBERGER, BRANIMIR K. HACKENBERGER
Kritično trajanje poplave za gujavice močvarnih staništa: DEB motiviran teorijski pristup / Critical flood duration for earthworms of wetland habitats: A DEB-inspired theoretical approach.....292

TOMISLAV ŽIC, IVANA ŠTIBI
Thinking Gnomon: Iskustveno istraživanje vremena u prirodnom prostoru / Thinking Gnomon: Experimental exploration of time in a natural environment 294

IVONA ŽIŽA, BRUNO ĆALETA, DAMJAN HATIĆ, JOSIPA ŽIDOV, IVAN TEKIĆ
InvaScan: WebGIS aplikacija za automatiziranu detekciju ambrozije (*Ambrosia artemisiifolia*) i čivitnjače (*Amorpha fruticosa*) u kontinentalnoj Hrvatskoj / InvaScan: A WebGIS application for automated detection of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) and false indigo bush (*Amorpha fruticosa*) across continental Croatia 296

EMA ŽUŽENIĆ, TANJA ŽUNA PFEIFFER, ZORANA KATANIĆ, LJILJANA KRSTIN
Preliminarno istraživanje florističke raznolikosti na području Čađavice / Preliminary research on floristic diversity in the Čađavica area 298

Vizualizacija dinamike onečišćenja: Integracija umjetne inteligencije, GIS-a i hidrobiološke stručnosti za razvoj inovativnih rješenja u području istraživanju i zaštiti voda

IVO ALEKSOV[1], STOJMIR STOJANOVSKI[2], NIKOLINA BEK[3], TANJA ŽUNA PFEIFFER[3], DUBRAVKA ŠPOLJARIĆ MARONIĆ[3], DANIELA-MICHAELA GRIGORE[4], JANA KLOPČEVSKA[5], BILJANA RIMČESKA[6]

[1] Hidrai d.o.o., Marko Nestoroski 164, Ohrid, Sjeverna Makedonija
[2] Javna naučna ustanova Hidrobiološki zavod, Naum Ohridski 50, Ohrid, Sjeverna Makedonija
[3] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek
[4] Sveučilište poljoprivrednih znanosti i veterinarske medicine u Bukureštu, Bulevardul Mărăşti 59, Bukurešt, Rumunjska
[5] Univerzitet „Sv. Kiril i Metodij" u Skopju, Tehnološko-metalurški fakultet, Rugjer Boshkovikj 16, Skopje, Sjeverna Makedonija
[6] Univerzitet „Sv. Kliment Ohridski" - Bitola, 1 Maj bb, Bitola, Sjeverna Makedonija

Dopisni autor: hidraieu@gmail.com; stojstoi@gmail.com

Sažetak

Europska politika upravljanja vodama sve više ističe potrebu za razvojem alata koji omogućuju učinkovitu pretvorbu podataka prikupljenih monitoringom u informacije korisne za donošenje operativnih odluka. U tu je svrhu razvijena platforma HidrAI. Platforma objedinjuje umjetnu inteligenciju, geografske informacijske sustave (GIS) i napredne metode prostorne vizualizacije kako bi izrađivala izolinije jednakih koncentracija onečišćujućih tvari, karte širenja oblaka onečišćenja, gradijente koncentracija te trodimenzionalne modele njihove prostorne raspodjele. Istodobno omogućuje vizualizaciju i interpretaciju ključnih pokazatelja kakvoće vode, uključujući prozirnost, temperaturu, koncentraciju otopljenog kisika, pH, električnu vodljivost te sadržaj suspendiranih, organskih i hranjivih tvari, uzimajući u obzir specifične hidrološke i ekološke značajke promatranog područja. Na temelju podataka prikupljenih senzorima postavljenima na uređajima za pročišćavanje otpadnih voda i u prijemnim vodnim tijelima, platforma omogućuje prikaz prostornog širenja onečišćujućih tvari, prepoznavanje područja povećanog rizika te identifikaciju zona mogućeg ekološkog stresa. Radi pouzdanijeg prepoznavanja promjena u stanju ekosustava, procjene utjecaja onečišćenja na vodene organizme i interpretacije trendova kakvoće vode, rezultati fizikalno-kemijskih analiza povezuju se s biološkim pokazateljima stanja voda. Posebna vrijednost platforme HidrAI očituje se u integraciji podataka o učinkovitosti pročišćavanja otpadnih voda s informacijama o stanju i funkcioniranju vodnih ekosustava. Omogućujući sustav ranog upozoravanja, kvalitetnije izvještavanje, procjenu rizika i planiranje utemeljeno na znanstvenim dokazima, platforma pruža potporu jedinicama lokalne samouprave, komunalnim poduzećima i nadležnim institucijama u donošenju učinkovitijih odluka o upravljanju vodnim resursima. Na taj način doprinosi provedbi ciljeva Okvirne direktive o vodama pretvarajući složene podatke o kakvoći voda i onečišćenju u praktično primjenjive informacije koje podupiru svakodnevno upravljanje vodama te očuvanje i unapređenje stanja vodnih ekosustava.

Ključne riječi: umjetna inteligencija, GIS, mapiranje onečišćenja, monitoring voda

Visualizing pollution dynamics: Integrating AI, GIS and hydrobiological expertise for water innovation

IVO ALEKSOV[1], STOJMIR STOJANOVSKI[2], NIKOLINA BEK[3], TANJA ŽUNA PFEIFFER[3], DUBRAVKA ŠPOLJARIĆ MARONIĆ[3], DANIELA-MICHAELA GRIGORE[4], JANA KLOPČEVSKA[5], BILJANA RIMČESKA[6]

[1] Hidrai doo, Marko Nestoroski 164, Ohrid, North Macedonia
[2] Public Scientific institute Hydrobiological Institute, Naum Ohridski. 50, Ohrid, North Macedonia
[3] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia
[4] University of Agronomic Sciences and Veterinary Medicine of Bucharest, Bulevardul Mărăşti 59, Bucharest, Romania
[5] Ss. Cyril and Methodius University of Skopje, Faculty of Technology and Metallurgy, Rugjer Boshkovikj 16, Skopje, North Macedonia
[6] St. Kliment Ohridski University - Bitola, 1 Maj bb, Bitola, North Macedonia

Corresponding author: hidraieu@gmail.com; stojstoi@gmail.com

Abstract

Europe's water policy increasingly emphasises the need for tools that can efficiently transform monitoring data into information that supports operational decision-making. To address this need, the HidrAI platform has been developed. The platform integrates artificial intelligence, geographic information systems (GIS), and advanced spatial visualisation methods to generate isopollution lines, plume maps, concentration gradients, and three-dimensional models of the spatial distribution of pollutants. At the same time, it enables the visualisation and interpretation of key water quality parameters, including water transparency, temperature, dissolved oxygen concentration, pH, electrical conductivity, and the content of suspended solids, organic matter, and nutrients, while taking into account the specific hydrological and ecological characteristics of the monitored area. Based on data collected by sensors installed at wastewater treatment plants and in receiving water bodies, the platform provides a spatial representation of pollutant dispersion, identifies areas of elevated risk, and delineates zones of potential ecological stress. To improve the detection of ecosystem changes, assess the impacts of pollution on aquatic organisms, and enable a more reliable interpretation of water quality trends, the results of physical and chemical analyses are integrated with biological indicators of water status. A particular strength of the HidrAI platform lies in its integration of wastewater treatment performance data with information on the condition and functioning of aquatic ecosystems. By providing an early warning system, supporting regulatory reporting, enabling risk assessment, and facilitating evidence-based planning, the platform assists local authorities, utility companies, and competent institutions in making more effective water resource management decisions. In this way, HidrAI contributes to the implementation of the objectives of the Water Framework Directive by transforming complex water quality and pollution data into clear, accessible and actionable information that supports day-to-day water management and the protection and improvement of aquatic ecosystems.

Key words: artificial intelligence, GIS, pollution mapping, water monitoring

Više mjerenja nije nužno više informacija: Paradoks biomarkera u slatkovodnoj ekotoksikologiji - dokazi na primjeru klena, *Squalius cephalus*

SAJIDA AROOJ[1], TAMARA SAJDA[2], JORGE BERNAL-ALVIZ[3], MIRNA VELKI[2], DORA BJEDOV[2]

[1] Government College University, Department of Zoology, Kotwali Road, Gurunanakpura, Faisalabad, Punjab, Pakistan
[2] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek
[3] University of Córdoba, Water, Applied and Environmental Chemistry Research Group, Montería, Carrera 6 No. 77-305, Montería, Córdoba, Colombia

Dopisni autor: dora.bjedov@biologija.unios.hr

Sažetak

Riječni i poplavni ekosustavi primaju promjenjive mješavine postojanih zagađivala, novih zagađivala i difuznih antropogenih unosa, dok se biomonitoring često oslanja na pojedinačne biomarkere koji se interpretiraju izolirano. Ribe nude koristan način za prevladavanje tog nesklada: kao rezidentni organizmi integriraju izloženost iz okoliša, dok njihova tkiva odražavaju komplementarne kemijske i biološke promjene povezane s tom izloženošću. Ovaj pregled literature razmatra potencijal klena (*Squalius cephalus*) kao vrste za terenski biomonitoring, polazeći od praktičnog pitanja: koje su kombinacije tkiva i biomarkera najinformativnije kada je smjesa zagađivala složena, a terenski uvjeti se ne ponašaju poput laboratorijskog eksperimenta? Objavljeni terenski i eksperimentalni podaci uspoređeni su za glavne skupine zagađivala, uključujući teške metale, pesticide, policikličke aromatske ugljikovodike (PAH), poliklorirane bifenile (PCB), per- i polifluoroalkilne tvari (PFAS) te mješovito zagađenje. Nije utvrđen univerzalni biomarker, a upravo je to i najkorisniji rezultat. Izloženost teškim metalima najdosljednije se očitovala kombiniranjem tkivno specifične akumulacije s odgovorima antioksidacijskog i detoksikacijskog sustava, osobito aktivnostima superoksid-dismutaze (SOD), katalaze (CAT), glutation S-transferaze (GST) i metalotioneina, dok je genotoksičnost pružala dodatnu razinu procjene učinaka pri povišenoj izloženosti. Kod organskih zagađivala, aktivnost jetrene etoksiresorufin-O-deetilaze (EROD) pokazala se informativnijom za biotransformaciju posredovanu CYP1A, nego ukupne razine citokroma P450 (CYP450). PFAS, međutim, odstupa od uobičajene logike biomarkera: oksidacija proteina te odgovori povezani s glutation-peroksidazom (GPx) i CAT pokazali su se informativnijima od biomarkera lipidne peroksidacije (LPO). Među različitim skupinama zagađivala, intenzitet, pa čak i smjer odgovora, ovisili su o tkivu, intenzitetu izloženosti i okolišnom kontekstu, dok pojedinačni biomarkeri rijetko posjeduju dovoljnu specifičnost za samostalno prepoznavanje određene skupine zagađivala. Dostupni dokazi stoga ne podupiru potragu za jednim „najboljim" biomarkerom. Uvjerljiviji pristup jest oblikovanje panela prilagođenih vrsti zagađivala i pojedinom tkivu, koji kombiniraju bioakumulaciju s mehanistički različitim odgovorima, uključujući antioksidacijsku obranu, biotransformaciju, genotoksičnost i, prema potrebi, histopatološke promjene. Integracija putem pristupa poput integriranog odgovora biomarkera (engl. *Integrated Biomarker Response*, IBR) može navedenu biokemijsku složenost prevesti u usporedive obrasce na razini pojedinih lokaliteta.

U dinamičnim poplavnim ekosustavima, poput Kopačkog rita, u kojima se hidrologija, povezanost staništa i izloženost zagađivala mijenjaju u prostoru i vremenu, budućnost biomonitoringa možda nije u mjerenju većeg broja biomarkera, nego u odabiru kombinacija koje zajedno pričaju istu ekološku priču.

Ključne riječi: *Squalius cephalus*, biomonitoring, biomarkeri, zagađenje slatkovodnih ekosustava, oksidacijski stres, nova zagađivala, integrirani odgovor biomarkera

More measurements, not necessarily more information: The biomarker paradox in freshwater ecotoxicology - evidence from the European chub, *Squalius cephalus*

SAJIDA AROOJ[1], TAMARA SAJDA[2], JORGE BERNAL-ALVIZ[3], MIRNA VELKI[2], DORA BJEDOV[2]

[1] Government College University, Department of Zoology, Kotwali Road, Gurunanakpura, Faisalabad, Punjab, Pakistan
[2] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia
[3] University of Córdoba, Water, Applied and Environmental Chemistry Research Group, Montería, Carrera 6 No. 77-305, Montería, Córdoba, Colombia

Corresponding author: dora.bjedov@biologija.unios.hr

Abstract

Rivers and floodplain ecosystems receive shifting mixtures of legacy chemicals, emerging pollutants and diffuse anthropogenic inputs, while biomonitoring still too often relies on individual biomarkers interpreted in isolation. Fish offer a useful way out of this mismatch: as resident organisms, they integrate exposure from their environment, whereas their tissues reflect complementary chemical and biological changes of that exposure. The present literature overview examined the European chub (*Squalius cephalus*) as a sentinel species for field-based biomonitoring, examining a practical question: which combinations of tissues and biomarkers are most informative when the pollutant mixture is complex, and the field situation refuses to behave like a laboratory experiment? Published field and experimental evidence was compared across heavy metals, pesticides, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and polychlorinated biphenyls (PCBs), per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS), and mixed pollution. No universal biomarker emerged, and that is the most useful result. Heavy-metal exposure was most consistently shown by combining tissue-specific accumulation with antioxidant and detoxification responses, particularly superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), glutathione S-transferase (GST) and metallothioneins, with genotoxicity providing an additional effect-level dimension under elevated exposure. For organic pollutants, hepatic ethoxyresorufin-O-deethylase (EROD) activity appeared more informative for CYP1A biotransformation than total cytochrome P450 (CYP450) levels. PFAS, however, disrupted the familiar biomarker logic: protein oxidation and glutathione peroxidase (GPx)/ CAT-related responses appeared more informative than conventional lipid-peroxidation (LPO) biomarkers. Across pollutant classes, response magnitude and even response direction depended on tissue, exposure intensity and environmental context, while individual biomarkers rarely possessed sufficient specificity to identify a pollutant class on their own. The evidence argues against searching for a single "best" biomarker. A more defensible strategy is to construct pollutant-informed, tissue-specific panels that combine chemical bioaccumulation with mechanistically distinct responses spanning antioxidant defence, biotransformation, genotoxicity and, where appropriate, histopathology. Integration via approaches, e.g., the Integrated Biomarker Response, may translate this biochemical complexity into comparable site-level patterns.

For dynamic floodplain ecosystems, e.g., Kopački rit, where hydrology, habitat connectivity and pollutant exposure vary in space and time, the future of biomonitoring may lie not in measuring more biomarkers, but in choosing combinations that actually tell the same ecological story.

Key words: *Squalius cephalus*, biomonitoring, biomarkers, freshwater pollution, oxidative stress, emerging pollutants, integrated biomarker response

GPS praćenje životinja – što smo naučili? Pouke iz razvoja i terenske primjene LoRa GPS odašiljača

MARKO AUGUSTINOVIĆ, DORIAN TEPIĆ, KARLO MIKULACO

Oikon d.o.o.- Institut za primijenjenu ekologiju, Trg senjskih uskoka 1-2, Zagreb

Dopisni autor: maugustinovic@oikon.hr

Sažetak

Cilj rada je prikazati pouke prikupljene tijekom razvoja i terenske primjene vlastitog sustava za GPS praćenje divljih životinja. Sustav je namijenjen istraživačima i upraviteljima zaštićenih područja kojima trebaju podaci o kretanju životinja u područjima bez pouzdane mobilne pokrivenosti. Sustav čine laki GPS odašiljač i solarno napajana bazna stanica. Odašiljač u zadanim intervalima bilježi položaj i šalje ga LoRa vezom, koja troši malo energije i doseže velike udaljenosti. Bazna stanica prikuplja zapise s više odašiljača i prosljeđuje ih LTE vezom na poslužitelj, odakle su dostupni kroz web i mobilnu aplikaciju: karta uživo, pregled tragova i stanja baterije te upravljanje većim brojem uređaja s jednog mjesta. Uređaji su izrađeni u nekoliko izvedbi koje se razlikuju po masi, obliku kućišta i načinu pričvršćivanja. Praćenje je provedeno u razdoblju 2023.–2026. na 21 jedinki vrsta divlje mačke, jelena, divlje svinje, čaglja i zeca. Položaji su bilježeni u intervalima od 30 minuta do 4 sata, ovisno o pitanju istraživanja i očekivanom trajanju praćenja. Najveći dio pouka odnosi se na odnos između količine podataka i trajanja uređaja. Postizanje energetski učinkovitog uređaja odnosno uređaja koji troši malo energije za dobivanje svih potrebnih informacija predstavljao je najveći izazov u razvoju. Domet LoRa veze mijenja se s reljefom i vegetacijom: u otvorenom prostoru veza je pouzdana na 7 km, a u zatvorenim šumskim sastojinama i dubokim dolinama znatno se skraćuje, pa je razmještaj baznih stanica jednako važan kao i sam odašiljač. Mehanička izdržljivost kućišta i pričvrsnog sustava pokazala se jednako važnom kao elektronika, a masa uređaja ostaje glavno ograničenje kod manjih vrsta. Sustav je u redovnoj primjeni i prenosiv je na druge vrste i područja bez izmjene sučelja. Preostala ograničenja su masa uređaja kod najmanjih vrsta i ovisnost o otvorenoj vidljivosti između odašiljača i bazne stanice. Sljedeći korak je dodatno smanjenje potrošnje odašiljača te povećanje dometa LoRa veze.

Ključne riječi: GPS telemetrija, praćenje divljih životinja, LoRa, bežične senzorske mreže, upravljanje zaštićenim područjima

GPS tracking of animals – what have we learned? Lessons from developing and deploying a LoRa GPS tracker

MARKO AUGUSTINOVIĆ, DORIAN TEPIĆ, KARLO MIKULACO

Oikon Ltd. – Institute of Applied Ecology, Trg senjskih uskoka 1-2, Zagreb, Croatia

Dopisni autor: maugustinovic@oikon.hr

Abstract

The aim is to present the lessons gathered during the development and field use of an in-house system for GPS tracking of wild animals. The system is intended for researchers and protected area managers who need movement data in areas without reliable mobile coverage. The system consists of a lightweight GPS tracker and a solar-powered base station. The tracker records a position at set intervals and sends it over LoRa, which uses little power and reaches long distances. The base station collects records from several trackers and forwards them over LTE to a server, where they are available through a web and mobile application: a live map, tracks and battery status, and management of multiple devices from one place. Trackers were built in several versions differing in mass, housing shape and attachment method. Tracking was carried out over 2023–2026 on 21 individuals of five species: European wildcat, deer, wild boar, jackal and brown hare. Positions were recorded at intervals from 30 minutes to 4 hours, depending on the research question and the expected deployment length. Most lessons concern the trade-off between data volume and device lifetime. The main development challenge was making the tracker energy-efficient, keeping power use low while still returning all the required information. LoRa range changes with terrain and vegetation: in open country the link is reliable at 7 km, while in closed forest stands and deep valleys it shortens substantially, so base station placement matters as much as the tracker itself. Mechanical durability of the housing and the attachment proved as important as the electronics, and device mass remains the main limitation for smaller species. The system is in regular use and is transferable to other species and areas without interface changes. The remaining limitations are device mass for the smallest species and the dependence on line of sight between tracker and base station. The next steps are further reduction of tracker power use and an increase in LoRa range.

Key words: GPS telemetry, wildlife tracking, LoRa, wireless sensor networks, protected area management

Kemijski sastav eteričnog ulja kima (*Carum carvi* L.) i fitotoksičnost na rotkvicu (*Raphanus sativus* L.)

GRACE AZEEZ[1], MASOMEH SHEMSHAD[1], ANNA WAJS-BONIKOWSKA[2]

[1] Poljoprivredno sveučilište u Krakovu, Zavod za agroekologiju i proizvodnju usjeva, Krakov, Poljska,
[2] Tehnologijsko sveučilište u Lodzu, Fakultet biotehnologije i znanosti o hrani, Zavod za kemiju hrane, Lodz, Poljska

Dopisni autor: grace.azeez@student.urk.edu.pl

Sažetak

Eterično ulje kima (*Carum carvi* L.) privuklo je znatnu pozornost kao potencijalni botanički herbicid zbog fitotoksičnih svojstava svojih glavnih sastavnica, posebice karvona i d-limonena. U ovom su istraživanju procijenjeni fitotoksični učinci frakcija eteričnog ulja kima, koje su sadržavale različite omjere karvona i d-limonena, na klijavost sjemena i rast klijanaca rotkvice (*Raphanus sativus* L.). Pokus je proveden u kontroliranim laboratorijskim uvjetima, uz uporabu rotkvice kao modelne biljke. Učinci ispitivanih frakcija i pojedinačnih spojeva procijenjeni su na temelju klijavosti i ranog razvoja klijanaca, uključujući rast korijena i izdanka. Rezultati su pokazali da su i karvon i d-limonen djelovali inhibicijski na ispitivane klijance, iako se njihovo fitotoksično djelovanje razlikovalo ovisno o njihovim relativnim udjelima u frakcijama. Frakcije s većim udjelom karvona općenito su pokazale jače inhibitorne učinke na klijanje rotkvice i rast sadnica, što ukazuje da karvon može igrati glavnu ulogu u fitotoksičnoj aktivnosti eteričnog ulja kima. Uočena inhibicija bila je posebno vidljiva tijekom ranog razvoja sadnica, što sugerira da je sastav frakcija eteričnog ulja važan čimbenik koji određuje njihovu herbicidnu učinkovitost. Ovi nalazi doprinose boljem razumijevanju odnosa između kemijskog sastava eteričnog ulja kima i njegove fitotoksične aktivnosti. Rezultati ističu potencijal eteričnog ulja kima i frakcija bogatih karvonom kao izvora prirodnih herbicidnih spojeva i podržavaju daljnja istraživanja njihove primjene kao ekološki prihvatljivih alternativa konvencionalnim sintetičkim herbicidim

Ključne riječi: botanički herbicid, fitotoksičnost, karvon, d-limonenm rotkvica, prirodni herbicidi

Chemical composition of caraway (*Carum carvi* L.) essential oil and phytotoxicity on radish (*Raphanus sativus* L.)

GRACE AZEEZ[1], MASOMEH SHEMSHAD[1], ANNA WAJS-BONIKOWSKA[2]

[1] University of Agriculture in Krakow, Department of Agroecology and Crop Production, Krakow, Poland,
[2] Lodz University of Technology, Faculty of Biotechnology and Food Sciences, Institute of General Food Chemistry, Lodz, Poland

Corresponding author: grace.azeez@student.urk.edu.pl

Abstract

Caraway essential oil (*Carum carvi* L.) has attracted considerable interest as a potential botanical herbicide due to the phytotoxic properties of its major constituents, particularly carvone and d-limonene. This study evaluated the phytotoxic effects of caraway essential oil fractions containing different proportions of carvone and d-limonene on seed germination and seedling growth of radish (*Raphanus sativus* L.). The experiment was conducted under controlled laboratory conditions using radish as a model plant. The effects of the tested fractions and individual compounds were assessed based on germination and early seedling development, including root and shoot growth. The results demonstrated that both carvone and d-limonene exhibited inhibitory effects on the tested seedlings, although their phytotoxic activity varied depending on their relative proportions in the fractions. Fractions with a higher proportion of carvone generally showed stronger inhibitory effects on radish germination and seedling growth, indicating that carvone may play a major role in the phytotoxic activity of caraway essential oil. The observed inhibition was particularly evident during early seedling development, suggesting that the composition of essential oil fractions is an important factor determining their herbicidal efficacy. These findings contribute to a better understanding of the relationship between the chemical composition of caraway essential oil and its phytotoxic activity. The results highlight the potential of caraway essential oil and carvone-rich fractions as sources of natural herbicidal compounds and support further research into their application as environmentally friendly alternatives to conventional synthetic herbicides.

Key words: botanical herbicide, phytotoxicity, carvone, d-limonene, radish, natural herbicides

Prostorna dinamika vodenih površina i vegetacije Kopačkog rita na temelju Sentinel-2 snimaka i vodostaja Dunava (2020.–2026.)

ANTONIJA BARIŠIĆ LASOVIĆ, IGOR TADIĆ, ŽELIMIR MAROJEVIĆ, GABRIJELA MAKAJ, DORIAN TATARIN

Hidroing d.o.o Osijek, Ulica Stjepana Radića 3, Osijek

Dopisni autor: antonija.barisic-lasovic@hidroing-os.hr

Sažetak

Sve izraženije promjene hidrološkog režima, kao i morfološke promjene korita Dunava mogu utjecati na dinamiku plavljenja i raspored vodenih površina unutar Parka prirode „Kopački rit". Za praćenje takvih promjena korisna su satelitska opažanja koja omogućuju istovremeni pregled većih površina i usporedbu različitih hidroloških uvjeta. Cilj ovog rada je ispitati mogućnost primjene javno dostupnih satelitskih snimaka Sentinel-2 u kombinaciji s podacima o vodostaju Dunava za usporednu analizu promjena vodenih površina i vegetacije u Kopačkom ritu. Analiza obuhvaća razdoblje od 2020. do 2026. godine. Hidrološki uvjeti procijenjeni su na temelju vodostaja Dunava na vodomjernoj postaji Batina za razdoblje od travnja do srpnja, koje prethodi odabranim ljetnim satelitskim snimkama. Za svaku godinu analizirani su Copernicus Sentinel-2 Level-2A satelitski podaci snimljeni početkom ili sredinom kolovoza. Promjene vodenih površina analizirane su pomoću normaliziranog diferencijskog indeksa vode (NDWI), dok je stanje i prostorna raspodjela vegetacije procijenjena pomoću normaliziranog diferencijskog vegetacijskog indeksa (NDVI), uz dodatnu interpretaciju prikaza u prirodnim bojama (True Color). Hidrološki podaci pokazuju izražene razlike između pojedinih godina. Izdvaja se 2024. godina s visokim vodostajima, kada je srednji vodostaj u lipnju iznosio 502 cm, a prosjek za razdoblje travanj–srpanj 302,2 cm. Suprotno tome, 2025. godinu obilježili su kontinuirano niski vodostaji, s prosjekom od 80,4 cm te mjesečnim srednjim vrijednostima između 63,2 i 95,7 cm. Godina 2023. pokazuje i važnost vremenskog slijeda hidroloških događaja: nakon srednjeg vodostaja od 370 cm u svibnju uslijedio je izrazit pad, pri čemu je srednji vodostaj u srpnju iznosio samo 59 cm. Početak kolovoza 2026. obilježili su vrlo niski vodostaji, uključujući −132 cm 1. kolovoza i −142 cm 3. kolovoza.Usporedba hidroloških podataka i satelitskih prikaza pokazuje jasne razlike u prostornom rasporedu vode između godina s višim i nižim vodostajima. Pri višim vodostajima vodene površine zauzimaju veće površine i bolje su povezane, dok se tijekom niskovodnih razdoblja voda povlači prema glavnim tokovima, kanalima i dubljim depresijama. NDVI prikazi ukazuju na prostorne razlike u rasporedu i aktivnosti vegetacije. Rezultati pokazuju da nije dovoljno analizirati stanje Kopačkog rita samo u trenutku satelitskog snimanja već snimke povezati s hidrološkim uvjetima prethodnih mjeseci, uključujući njihovo trajanje, intenzitet i međusobni slijed. Kombinacija podataka o vodostaju i satelitskih pokazatelja pokazuje se kao jednostavan i učinkovit način za praćenje prostornih promjena vodenih površina i vegetacije te može biti korisna kao podrška dugoročnom praćenju hidroloških promjena i upravljanju poplavnim područjem.

Ključne riječi: Kopački rit, daljinska istraživanja, Sentinel-2, NDVI, NDWI, hidrološki režim

Spatial dynamics of water surfaces and vegetation in Kopački rit based on Sentinel-2 imagery and Danube water levels (2020–2026)

ANTONIJA BARIŠIĆ LASOVIĆ, IGOR TADIĆ, ŽELIMIR MAROJEVIĆ, GABRIJELA MAKAJ, DORIAN TATARIN

Hidroing Ltd. Osijek, Ulica Stjepana Radića 3, Osijek, Croatia

Corresponding author: antonija.barisic-lasovic@hidroing-os.hr

Abstract

Increasing changes in the hydrological regime, together with morphological changes in the Danube riverbed, may affect flooding dynamics and the distribution of water surfaces within Kopački rit Nature Park. Satellite observations provide a useful means of monitoring such changes, allowing large areas to be assessed simultaneously and different hydrological conditions compared. The aim of this study is to examine the potential of publicly available Sentinel-2 satellite imagery, combined with Danube water level data, for comparative analysis of changes in water surfaces and vegetation in Kopački rit. The analysis covers 2020–2026. Hydrological conditions were assessed based on Danube water levels recorded at the Batina gauging station from April to July, preceding selected summer satellite images. For each year, Copernicus Sentinel-2 Level-2A satellite data acquired in early or mid-August were analysed. Changes in water surfaces were assessed using the Normalized Difference Water Index (NDWI), while vegetation condition and spatial distribution were evaluated using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), complemented by true-colour imagery. The hydrological data reveal pronounced differences between individual years. The year 2024 stands out for its high water levels, with a mean June water level of 502 cm and an April–July average of 302.2 cm. In contrast, 2025 was characterised by persistently low water levels, with an average of 80.4 cm, with monthly means between 63.2 and 95.7 cm. The year 2023 demonstrates the importance of the temporal sequence of hydrological events: following a mean water level of 370 cm in May, a sharp decline occurred, with the July mean reaching only 59 cm. Early August 2026 was characterised by exceptionally low water levels, including −132 cm on 1 August and −142 cm on 3 August. Comparison of hydrological data with satellite imagery reveals clear differences in the spatial distribution of water between years with higher and lower water levels. Under higher water levels, water surfaces cover larger areas and are better interconnected, whereas during low-flow periods, water retreats towards main river channels, canals and deeper depressions. NDVI imagery indicates spatial differences in vegetation distribution and activity. Results demonstrate that assessing Kopački rit at the time of satellite image acquisition is insufficient; observations should instead be interpreted in relation to hydrological conditions during the preceding months, including their duration, intensity and temporal sequence. Combining water level data and satellite-derived indicators represents an effective approach for monitoring spatial changes in water surfaces and vegetation, providing useful support for long-term hydrological monitoring and floodplain management.

Key words: Kopački rit, remote sensing, Sentinel-2, NDVI, NDWI, hydrological regime

Praćenje raznolikosti divlje faune korištenjem fotozamki uz bjelobrdsku Staru Dravu u okviru projekta „LIFE RESTORE for MDD“

IVAN BEDEKOVIĆ*, SINIŠA OZIMEC

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Ulica Vladimira Preloga 1, Osijek (*student)

Dopisni autor: sinisa.ozimec@fazos.hr

Sažetak

Danas su najveće prijetnje za globalnu bioraznolikost i opstanak divljih vrsta: gubitak i degradacija staništa, klimatske promjene, prekomjerno iskorištavanje, invazivne vrste, bolesti i onečišćenje. Kako ljudski utjecaji i dalje pogađaju prirodna staništa i divlje vrste, sve je veća potreba za praćenjem trendova populacija divljih vrsta i funkcionalnosti ekosustava. Korištenje fotozamki neinvazivna je i učinkovita metoda koja omogućuje neometano daljinsko praćenje i bilježenje prisutnosti divljih životinja u njihovu prirodnom staništu. Nastala fotografija ili video zapis koristan su znanstven podatak, dostupan preko digitalnih aplikacija za analizu većem broju stručnjaka. Projekt „LIFE RESTORE for MDD“ okuplja 17 partnera iz Austrije, Slovenije, Hrvatske, Mađarske i Srbije, koji provode razne aktivnosti obnove na 29 lokacija u UNESCO-vom 5-državnom Prekograničnom rezervatu biosfere „Mura-Drava-Dunav“. Bjelobrdska Stara Drava ostatak je nekadašnjeg meandra rijeke Drave. U okviru projektnih aktivnosti planirano je obnoviti 65 ha vodnog tijela, poboljšati hidrološku povezanost i strukturu staništa poplavnih šuma (Natura 2000 ciljni stanišni tip 91E0*) na 193 ha. Terenskim obilascima, provedenim u svrhu biotičkog monitoringa, u razdoblju od ožujka 2024. do svibnja 2026. godine, korištenjem fotozamki istraživana je raznolikost divlje faune poplavnih šuma uz bjelobrdsku Staru Dravu. Analizom prikupljenih fotografija i video zapisa zabilježeno je 35 vrsta divlje faune iz taksonomskih skupina gmazova (2 vrste), ptica (23 vrste) i sisavaca (10 vrsta). Prema statusu zaštite, 25 vrsta uvršteno je u Crveni popis divljih vrsta Hrvatske; strogo zaštićenim vrstama u Republici Hrvatskoj pripada 15 zabilježenih vrsta, najviše iz faune ptica. Ciljnim vrstama područja ekološke mreže Natura 2000 POP HR1000016 Podunavlje i donje Podravlje i PPOVS HR2000372 Dunav-Vukovar pripada 8 vrsta, od kojih 7 iz faune ptica i jedna vrsta iz faune sisavaca. Među zabilježenim vrstama iz faune ptica značajne su indikatorske vrste očuvanih i ekološki funkcionalnih šumskih ekosustava. Također su vrijedni nalazi europskog dabra (*Castor fiber*) i euroazijske vidre (*Lutra lutra*).

Ključne riječi: bioraznolikost, divlja fauna, monitoring, rezervat biosfere, rijeka Drava

Zahvala: Istraživanje je provedeno kao dio aktivnosti projekta: „Zaštita i obnova poplavnih šumskih staništa uz rijeke Muru, Dravu i Dunav“ (LIFE-2022-SAP-NAT-NATURE, 101113557), financiranog iz LIFE Programa Europske unije.

Monitoring of wild fauna diversity by camera traps along the Bjelobrdska Oxbow Lake within the „LIFE RESTORE for MDD“ project

IVAN BEDEKOVIĆ*, SINIŠA OZIMEC

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Ulica Vladimira Preloga 1, Osijek, Croatia (*student)

Corresponding author: sinisa.ozimec@fazos.hr

Abstract

Today, the greatest threats to global biodiversity and the survival of wild species are habitat loss and degradation, climate change, overexploitation, invasive species, disease, and pollution. As human impacts continue to affect natural habitats and wild species, there is an increasing need to monitor trends in wildlife populations and ecosystem functionality. The use of camera traps is a non-invasive and effective method that enables the undisturbed remote monitoring and recording of wild animal presence in their natural habitats. The resulting photographs or video footage provide valuable scientific data that can be accessed by numerous experts via digital analysis applications. The „LIFE RESTORE for MDD“ project brings together 17 partners from Austria, Slovenia, Croatia, Hungary, and Serbia, implementing various restoration activities at 29 sites within the UNESCO 5-country Transboundary Biosphere Reserve „Mura-Drava-Danube“. Bjelobrdska Stara Drava is a remnant of a former meander of the Drava River. Project activities aim to restore 65 ha of water bodies and improve hydrological connectivity and habitat structure for floodplain forests (Natura 2000 target habitat type 91E0*) across 193 ha. Field surveys, carried out with the purpose of biotic monitoring, between March 2024 and May 2026, utilized camera traps to study the wild fauna diversity of the floodplain forests along Bjelobrdska Oxbow Lake. Analysis of the collected photographs and video footage recorded 35 wild fauna species across the taxonomic groups of reptiles (2 species), birds (23 species), and mammals (10 species). Regarding protection status, 25 species are listed in the Red List of Wild Species of Croatia; 15 species, predominantly birds, are classified as strictly protected species in the Republic of Croatia. Eight species are designated as target species for Natura 2000 ecological network sites SPA HR1000016 Podunavlje i donje Podravlje, and SAC HR2000372 Dunav-Vukovar; including 7 bird species and one mammal species. Among the recorded bird species, there are significant indicator species of well-preserved and ecologically functional forest ecosystems. Also noteworthy are sightings of the European beaver (*Castor fiber*) and the Eurasian otter (*Lutra lutra*).

Key words: biodiversity, wild fauna, monitoring, Biosphere Reserve, Drava River

Acknowledgment: Research was done as a part of the activities of the project: „Preserving and restoring floodplain forest habitats along the Mura-Drava-Danube rivers“ (LIFE-2022-SAP-NAT-NATURE, 101113557), granted by the European Union LIFE Programme.

Spiralni vrt kao model praćenja okolišnih uvjeta i istraživački usmjerenog učenja u školskom okruženju

TOMISLAVA BENIĆ[1], ALEN ČULJAK[2], TANJA IVANIŠ[1], VEHID IBRAKOVIĆ[3], ANDREA SERTIĆ[1]

[1] Gimnazija Matija Mesić, Naselje Slavonija I 8, Slavonski Brod
[2] Sveučilište u Slavonskom Brodu, Ul. 108. brigade ZNG 36, Slavonski Brod
[3] Srednja škola Matija Antun Reljković, Ul. Ivana Cankara 76, Slavonski Brod

Dopisni autor: aculjak@unisb.hr

Sažetak

Spiralni vrt predstavlja prostorno kompaktan hortikulturni sustav koji omogućuje istodobno praćenje okolišnih uvjeta, razvoja biljaka i primjenu istraživački usmjerenog učenja u školskom okruženju. U okviru projekta „Spiralni vrt – Labirint ideja" u Gimnaziji „Matija Mesić" u Slavonskom Brodu provedeno je praćenje okolišnih parametara i razvoja odabranih biljaka na pet razina spiralnog vrta. Cilj rada bio je opisati prostorne i vremenske promjene okolišnih uvjeta te prikazati mogućnosti primjene spiralnog vrta kao interdisciplinarnog modela istraživačkog rada učenika. Praćenje je provedeno od 13. do 30. travnja 2026.. Na svakoj razini temperatura tla, pH tla, vlažnost tla i intenzitet svjetlosti bilježeni su tri puta dnevno, u 08:00, 13:00 i 18:00 sati. Za longitudinalno praćenje razvoja na svakoj je razini odabrana jedna biljka kojoj je svakodnevno mjerena visina i procjenjivano vizualno stanje. U provedbi mjerenja i evidentiranju podataka sudjelovali su učenici uz stručno vođenje nastavnika i suradnika. Srednje temperature tla bile su vrlo slične među razinama i kretale su se od 15,80 do 15,97 °C, pri čemu je vremenska varijabilnost bila izraženija od razlika među razinama. Veće prostorne razlike zabilježene su za pH tla, sa srednjim vrijednostima od 5,66 do 6,23. Vlažnost tla i intenzitet svjetlosti praćeni su kategorijski te su pokazivali vremenske i prostorne promjene tijekom istraživanja. Sve biljke odabrane za longitudinalno praćenje povećale su visinu: lavanda za 11,0 cm, smilje za 7,5 cm, kadulja za 8,0 cm, ukrasni kelj za 5,5 cm i majčina dušica za 4,0 cm. Zbog različitih biljnih vrsta i jedne praćene jedinke po razini, razlike u rastu interpretirane su deskriptivno i nisu pripisivane isključivo mikroklimatskim razlikama među razinama. Rezultati pokazuju da spiralni vrt može predstavljati jednostavno i dostupno okruženje za praćenje abiotičkih čimbenika i razvoja biljaka te za povezivanje biologije, ekologije, pedologije i održivog razvoja s praktičnim istraživačkim radom učenika. Takav model omogućuje uključivanje učenika u mjerenje, prikupljanje, obradu i interpretaciju stvarnih okolišnih podataka te predstavlja dobru osnovu za razvoj složenijih školskih istraživanja.

Ključne riječi: školski vrt, okolišni monitoring, mikroklima, istraživački usmjereno učenje,održivi razvoj

Spiral garden as a model for environmental monitoring and inquiry-based learning in a school environment

TOMISLAVA BENIĆ[1], ALEN ČULJAK[2], TANJA IVANIŠ[1], VEHID IBRAKOVIĆ[3], ANDREA SERTIĆ[1]

[1] Grammar School Matija Mesić, Naselje Slavonija I 8, Slavonski Brod, Croatia
[2] Secondary School Matija Antun Reljković, Ivana Cankara 76, Slavonski Brod, Croatia
[3] University of Slavonski Brod, 108. brigade ZNG 1, Slavonski Brod, Croatia

Corresponding author: aculjak@unisb.hr

Abstract

A spiral garden is a spatially compact horticultural system that enables simultaneous monitoring of environmental conditions and plant development while providing opportunities for inquiry-based learning in a school environment. Within the project "Spiral Garden – Labyrinth of Ideas" at Matija Mesić Grammar School in Slavonski Brod, environmental parameters and the development of selected plants were monitored at five levels of a spiral garden. The aim of this study was to describe spatial and temporal variation in environmental conditions and to present the potential of the spiral garden as an interdisciplinary model for student research activities. Monitoring was conducted from 13 to 30 April 2026. At each level, soil temperature, soil pH, soil moisture and light intensity were recorded three times daily, at 08:00, 13:00 and 18:00. One plant at each level was selected for longitudinal monitoring, with plant height measured daily and visual condition assessed throughout the study period. Students participated in measurements and data recording under the supervision of teachers and project collaborators. Mean soil temperatures were very similar among the five levels, ranging from 15.80 to 15.97 °C, with temporal variability being more pronounced than differences among levels. Greater spatial variation was observed in soil pH, with mean values ranging from 5.66 to 6.23. Soil moisture and light intensity were recorded categorically and showed temporal and spatial variation during the study period. All plants selected for longitudinal monitoring increased in height: lavender by 11.0 cm, immortelle by 7.5 cm, sage by 8.0 cm, ornamental kale by 5.5 cm and thyme by 4.0 cm. Because different plant species and only one individual per level were monitored, differences in plant growth were interpreted descriptively and were not attributed solely to microclimatic differences among garden levels.The results indicate that a spiral garden can provide a simple and accessible environment for monitoring abiotic factors and plant development while linking biology, ecology, soil science and sustainable development with practical student research. Such a model enables students to participate in measuring, collecting, processing and interpreting real environmental data and provides a basis for developing more advanced school-based investigations.

Key words: school garden, environmental monitoring, microclimate, inquiry-based learning, sustainable development

Longitudinalne promjene zajednice riba rijeke Kupe: Tri glavna tipa zajednica duž riječnog toka

IVAN BENO[1,2], MATEJ ĐURIĆ[1], KARLA ĐINĐIĆ[1], MATEJ VUCIĆ[2], IVAN ŠPELIĆ[3], DAVID DIANEŽEVIĆ[2], DUŠAN JELIĆ[1]

[1] BIOTA d.o.o., Maksimirska cesta 129/5, Zagreb, Braće Radića 128/A, Grubišno Polje
[2] Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Rooseveltov trg 6, Zagreb
[3] Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, Zagreb

Dopisni autor: beno.ivan@biotagroup.org

Sažetak

Zajednice riba u riječnim ekosustavima mijenjaju se duž longitudinalnog gradijenta kao odgovor na promjene okolišnih i stanišnih uvjeta. Cilj ovog istraživanja bio je analizirati promjene u sastavu ihtiozajednica duž cijelog toka rijeke Kupe te utvrditi mogu li se duž riječnog toka izdvojiti karakteristični tipovi zajednica i za njih karakteristične vrste. Zajednice riba analizirane su na temelju podataka prikupljenih na 305 uzorkovanih točaka raspoređenih unutar 117 kvadranata 1 x 1 km duž toka Kupe. Uzorkovanje je provedeno metodom elektroribolova, leđnim agregatom ili stacionarnim agregatom iz čamca ovisno o hidromorfološkim značajkama vodotoka. U multivarijatne analize uključeno je 39 vrsta riba. Podaci o abundanciji transformirani su funkcijom log(x+1), a na temelju Bray-Curtisove različitosti, a na temelju Bray-Curtisovog indeksa različitosti provedeni su hijerarhijsko klasteriranje, NMDS, PERMANOVA, PERMDISP. Karakteristične vrste pojedinih grupa utvrđene su analizom indikatorskih vrsta (IndVal). Hijerarhijskim klasteriranjem izdvojene su tri grupe zajednica riba (prosječna *silhouette* vrijednost = 0,316), koje se prostorno uglavnom podudaraju s gornjim, srednjim i donjim dijelom rijeke. NMDS je ukazao na izraženu longitudinalnu promjenu sastava zajednice (stress = 0,129), pri čemu je prva NMDS os bila snažno povezana s udaljenošću od izvora (Spearman ρ = 0,906; p < 0,001). PERMANOVA analiza je pokazala značajne razlike u sastavu ihtiozajednice između triju izdvojenih grupa (R^2 = 0,452; p = 0,001), a značajne razlike utvrđene su i između svih parova grupa (p = 0,003). PERMDISP je pokazao značajne razlike u disperziji (p = 0,001). Iz navedenih analiza utvrđene su statistički značajne razlike u sastavu između sva tri tipa zajednica, dok je srednja grupa pokazala veću heterogenost, što dodatno upućuje na njezin prijelazni karakter. Prema IndVal analizi, gornji tok karakteriziraju pastrve (*Salmo* spp.), peš (*Cottus gobio*) i lipljen (*Thymallus thymallus*) srednji tok karakterizira potočna mrena (*Barbus balcanicus*), dok donji tok karakteriziraju obična uklija (*Alburnus alburnus*), gavčica (*Rhodeus amarus*) te invazivne strane vrste bezribica (*Pseudorasbora parva*), sunčanica (*Lepomis gibbosus*) i babuška (*Carassius gibelio*). Rezultati pokazuju značajnu longitudinalnu promjenu ihtiofaune od izvora prema ušću, pri čemu se duž toka mogu prepoznati tri glavna tipa zajednica, ali bez oštrih granica između njih. Posebno se izdvaja srednji tok kao prijelazno područje u kojem se preklapaju elementi uzvodnih i nizvodnih zajednica, naglašavajući kontinuiranu prirodu promjena duž riječnog toka.

Ključne riječi: rijeka Kupa, riblje zajednice, longitudinalni gradijent, riječna zonacija, indikatorske vrste

Zahvala: Podaci korišteni u ovom istraživanju prikupljeni su u okviru aktivnosti projekta: "Usluge definiranja SMART ciljeva očuvanja i osnovnih mjera očuvanja ciljnih vrsta i stanišnih tipova – Grupa 4: Definiranje ciljeva i mjera očuvanja za nedovoljno poznate vrste slatkovodnih riba".

Longitudinal changes in fish assemblages of the Kupa River: Three major assemblage types along the river continuum

IVAN BENO[1,2], MATEJ ĐURIĆ[1], KARLA ĐINĐIĆ[1], MATEJ VUCIĆ[2], IVAN ŠPELIĆ[3], DAVID DIANEŽEVIĆ[2], DUŠAN JELIĆ[1]

[1] BIOTA Ltd., Maksimirska cesta 129/5, Zagreb, Braće Radića 128/A Grubišno Polje, Croatia
[2] University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Biology, Rooseveltov trg 6, Zagreb, Croatia
[3] University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Svetošimunska cesta 25, Zagreb, Croatia

Corresponding author: beno.ivan@biotagroup.org

Abstract

Fish assemblages in river ecosystems change along the longitudinal gradient in response to environmental and habitat conditions. This study aimed to analyse changes in fish assemblage composition along the entire course of the Kupa River, and to determine whether distinct assemblages and their characteristic species could be identified along the river. Fish assemblages were analysed using data from 305 sampling sites distributed across 117 1 × 1 km quadrants along the Kupa River. Sampling was conducted by electrofishing, using either backpack electrofishing equipment or a stationary electrofishing unit operated from a boat. A total of 39 fish species were included in the multivariate analysis. Abundance data were log(x+1) transformed, and differences in assemblage composition were analysed using Bray–Curtis dissimilarity, hierarchical cluster analysis, non-metric multidimensional scaling (NMDS), PERMANOVA, PERMDISP, and indicator species analysis (IndVal). Hierarchical cluster analysis identified three major fish assemblage types (mean silhouette value = 0.316), broadly corresponding to the upper, middle/transitional, and lower sections of the river. NMDS indicated a pronounced longitudinal change in assemblage composition (stress = 0.129), with the first NMDS axis strongly correlated with distance from the source (Spearman $\rho = 0.906$; $p < 0.001$). PERMANOVA showed significant differences in fish assemblage composition among the three groups ($R^2 = 0.452$; $p = 0.001$), with significant differences also found between all pairs of groups ($p = 0.003$). PERMDISP also indicated significant differences in multivariate dispersion among the groups ($p = 0.001$), with the middle group showing greater heterogeneity, further supporting its transitional character. According to the IndVal analysis, the uppersection was characterised by trout (*Salmo* sp.), European bullhead (*Cottus gobio*), and European grayling (*Thymallus thymallus*), while the middle section was characterised by Balkan barbel (*Barbus balcanicus*). The lower section was characterised by bleak (*Alburnus alburnus*) and European bitterling (*Rhodeus amarus*), as well as the invasive alien species stone moroko (*Pseudorasbora parva*), pumpkinseed (*Lepomis gibbosus*), and Prussian carp (*Carassius gibelio*). The results demonstrate a significant longitudinal change in fish assemblage composition from the source towards the river mouth. Three major assemblage types can be distinguished, although without sharp boundaries between them. In particular, the middle course represents a transitional section where elements of upstream and downstream assemblages overlap, highlighting the continuous nature of changes in fish assemblage composition along the river.

Key words: Kupa River, fish assemblages, longitudinal gradient, river zonation, indicator species

Acknowledgement: Data used in the analyses had been collected under the project: "Services for defining SMART conservation objectives and basic conservation measures for target species and habitat types – Group 4: Defining goals and conservation measures for insufficiently known freshwater fish species".

Monitoring kemijskog stanja površinskih voda u Parku prirode „Kopački rit“ tijekom 2025. godine

DANIJELA BEZIK[1], HRVOJE SUČIĆ[1], IVAN DAMJANOVIĆ[1], BARBARA PETROVICKY ŠVEIGER[1], INES RUŠKAN[1], LEONTINA TOTH JAKELJIĆ[1], MARIKA KRALJ[1], DARIO KOLARIĆ[1], PAVO ŽIVKOVIĆ[1], TANJA MARKOVIĆ[1], HRVOJE BABIĆ[1], DORA LAZIĆ[1], ĐORĐA MEDIĆ[2]

[1] Nastavni zavod za javno zdravstvo Osječko-baranjske županije, Drinska 8, Osijek
[2] Hrvatske vode, pravna osoba za upravljanje vodama, Ulica Grada Vukovara 220, Zagreb

Dopisni autor: zzekovode.zzos@gmail.com

Sažetak

Kemijsko stanje ocjenjuje se u odnosu na pokazatelje kemijskog stanja, odnosno prioritetnih i drugih onečišćujućih tvari, sukladno standardima kakvoće vodnog okoliša koji su propisani Uredbom o standardu kakvoće voda (NN br. 96/2019, 20/2023 i 50/23-ispravak). Kemijsko stanje tijela površinske vode utvrđuje se na temelju prosječne godišnje koncentracije (PGK) i maksimalne godišnje koncentracije (MGK) pokazatelja prioritetnih i drugih onečišćujućih tvari iz Priloga 5.B. navedene Uredbe. Tijelo površinske vode razvrstava se na temelju rezultata ocjene elemenata kakvoće u kategorije kemijskog stanja i to a) dobro kemijsko stanje ili b) nije postignuto dobro kemijsko stanje. Prema specifikaciji usluga, za naručitelja Hrvatske vode, iz popisa prioritetnih tvari i drugih onečišćujućih tvari za površinske vode (Prilog 5.A. Uredbe) analizirani su sljedeći pokazatelji: olovo i spojevi olova, živa i spojevi žive, nikal i spojevi nikla, kadmij i spojevi kadmija te atrazin. Pored navedenih pokazatelja, prema projektnom zadatku analizirani su i pesticidi koji nisu navedeni u trenutno važećoj Uredbi: desetil atrazin, S-metolaklor, metolaklor ESA, metolaklor OXA, te salinitet kao osnovni fizikalno-kemijski pokazatelj. Istraživanje je provedeno na ukupno 10 lokacija na području Parka prirode Kopački rit kroz devet ciklusa uzorkovanja od travnja do prosinca 2025. godine. Na svim mjernim postajama postignuto je dobro kemijsko stanje s obzirom na pokazatelje olovo i njegovi spojevi, nikal i njegovi spojevi te kadmij i njegovi spojevi. S obzirom na živu i njezine spojeve na nijednoj mjernoj postaji nije postignuto dobro kemijsko stanje. PGK za živu su se kretale od 0,32 µg/l (Kanal Podunavlje most) do 2,76 µg/l (Crpna stanica Podunavlje), a MGK od 0,89 µg/l (Kanal Podunavlje most) do 13,6 µg/l (Crpna stanica Podunavlje). S obzirom na parametar atrazin na svim mjernim postajama postignuto je dobro kemijsko stanje. Zaključno, nit na jednoj od postaja na kojima su ispitani metali nije postignuto dobro kemijsko stanje zbog povišene koncentracije žive i njezinih spojeva. Potrebno je nastaviti pratiti stanje kako bi se utvrdila višegodišnja dinamika i prisutnost ciljnih parametara osobito negativni trendovi u koncentraciji žive u okolišu.

Ključne riječi: površinska voda, monitoring, kemijsko stanje, Uredba o standardu kakvoće voda, Kopački rit, teški metali

Monitoring the chemical state of surface waters in Kopački rit Nature Park during 2025

DANIJELA BEZIK[1], HRVOJE SUČIĆ[1], IVAN DAMJANOVIĆ[1], BARBARA PETROVICKY ŠVEIGER[1], INES RUŠKAN[1], LEONTINA TOTH JAKELJIĆ[1], MARIKA KRALJ[1], DARIO KOLARIĆ[1], PAVO ŽIVKOVIĆ[1], TANJA MARKOVIĆ[1], HRVOJE BABIĆ[1], DORA LAZIĆ[1], ĐORĐA MEDIĆ[2]

[1] Teaching Institute of Public Health for the Osijek-Baranja County, Drinska 8, Osijek, Croatia
[2] Croatian Waters, Legal Entity for Water Management, Ulica Grada Vukovara 220, Zagreb, Croatia

Corresponding author: zzekovode.zzos@gmail.com

Abstract

Chemical status is assessed in relation to chemical status indicators in accordance with the water environment quality standards prescribed by the Regulation on Water Quality Standards (OG No. 96/2019, 20/2023 and 50/23-corrigendum). The chemical status of a surface water body is determined based on the average annual concentration (AAC) and maximum annual concentration (MAC) of the indicators of priority and other pollutants from Annex 5.B. to the mentioned Regulation. A surface water body is classified based on the results of the assessment of quality elements into chemical status categories, namely a) good chemical status or b) good chemical status not achieved. According to the service specification, commissioned by Croatian Waters, from the list of priority substances and other pollutants for surface waters (Annex 5.A. to the Regulation), the following indicators were analysed: lead and lead compounds, mercury and mercury compounds, nickel and nickel compounds, cadmium and cadmium compounds, and atrazine. In addition to the above indicators, according to the project terms of reference, pesticides that are not listed in the currently valid Regulation were also analysed: desethyl atrazine, S-metolachlor, metolachlor ESA, metolachlor OXA, and salinity as the main physicochemical indicator. The research was conducted at a total of 10 locations in the Kopački rit Nature Park area through nine sampling cycles from April to December 2025. At all measuring stations, good chemical status was achieved with regard to the indicators lead and its compounds, nickel and its compounds, and cadmium and its compounds. With regard to mercury and its compounds, good chemical status was not achieved at any measuring station. AAC for mercury ranged from 0.32 µg/l (Canal Podunavlje bridge) to 2.76 µg/l (Pump station Podunavlje), and MAC from 0.89 µg/l (Canal Podunavlje bridge) to 13.6 µg/l (Pump station Podunavlje). Regarding the atrazine parameter, a good chemical condition was achieved at all measuring stations. In conclusion, at none of the stations where the heavy metals were tested, a good chemical status was not achieved due to the elevated concentration of mercury and its compounds. It is necessary to continue to monitor the chemical status in order to determine the multi-year dynamics and the presence of targeted parameters, especially negative trends in the concentration of mercury in the environment.

Key words: surface water, monitoring, chemical state, Regulation on water quality standards, Kopački rit, heavy metals

Zastupljenost tema o održivosti u doktorskom obrazovanju u Hrvatskoj: Preliminarna analiza sadržaja studijskih programa

SANDRA BILONIĆ, ANTONIJA HULJEV, MARIJA KURILJ

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet za odgojne i obrazovne znanosti, Ulica cara Hadrijana 10, Osijek

Dopisni autor: sbilonic@foozos.hr

Sažetak

Održivost se u suvremenom obrazovnom i znanstvenom kontekstu sve manje promatra isključivo odnosom čovjeka prema okolišu, a sve više kao područje u kojem se isprepliću ekološka, društvena, gospodarska i obrazovna pitanja. Takav pristup obuhvaća odnos prema prirodnim resursima, prirodnoj i kulturnoj baštini, klimatskim promjenama i razvojnim potrebama zajednica. Doktorsko obrazovanje u tom procesu može imati važnu ulogu jer, osim razvoja specijaliziranih istraživačkih znanja, može stvarati pretpostavke za interdisciplinarno razumijevanje složenih izazova održivog razvoja. Polazeći od toga, cilj je istraživanja bio preliminarno ispitati je li i kako tema održivosti zastupljena u sadržajima doktorskih studija u Hrvatskoj za koje je bilo moguće prikupiti odgovarajuću javno dostupnu dokumentaciju te utvrditi koje se njezine dimenzije pojavljuju najčešće. Istraživanje je provedeno kvalitativnom analizom sadržaja javno dostupnih službenih izvora hrvatskih visokih učilišta, uključujući dokumente studijskih programa, izvedbene planove te popise i opise kolegija. U početnoj je fazi oblikovana radna baza sa 110 zapisa doktorskih programa. Analizirani sadržaji razvrstavani su tematski prema okolišnoj, društvenoj, gospodarskoj i baštinskoj dimenziji održivosti. Budući da javno dostupni podaci nisu jednako opsežni ni podrobni za sve programe, kvalitativna analiza ograničena je na 40 programa za koje je raspoloživa dokumentacija omogućila pouzdanu analizu sadržaja. Rezultati istraživanja upućuju na različite obrasce uključivanja teme održivosti u analizirane doktorske programe, od pojedinačnih kolegija do šire postavljenih programskih i istraživačkih usmjerenja. Istodobno, slabija prisutnost obrazovanja za održivi razvoj otvara pitanje prostora za snažnije povezivanje doktorskog obrazovanja s komunikacijom, edukacijom i uključivanjem zajednice. Takvo povezivanje moglo bi pridonijeti obrazovanju istraživača koji stečena znanja mogu primjenjivati u interdisciplinarnom sagledavanju okolišnih i društvenih problema te ih povezivati s potrebama konkretnih prostora i zajednica.

Ključne riječi: baština, održivost, doktorsko obrazovanje, studijski programi, visoko obrazovanje, obrazovanje za održivi razvoj

Representation of sustainability topics in doctoral education in Croatia: A preliminary content analysis of study programmes

SANDRA BILONIĆ, ANTONIJA HULJEV, MARIJA KURILJ

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Education, Ulica cara Hadrijana 10, Osijek, Croatia

Corresponding author: sbilonic@foozos.hr

Abstract

In the contemporary educational and scientific context, sustainability is increasingly understood not solely in terms of the relationship between humans and the environment, but rather as a field in which environmental, social, economic, and educational issues intersect. Such an approach encompasses the relationship with natural resources, natural and cultural heritage, climate change, and the development needs of communities. Doctoral education can play an important role in this process because, in addition to fostering specialised research knowledge, it can provide a foundation for an interdisciplinary understanding of the complex challenges of sustainable development. Against this background, the aim of this study was to conduct a preliminary examination of whether and how sustainability is represented in the content of doctoral study programmes in Croatia for which appropriate publicly available documentation could be obtained, and to identify which dimensions of sustainability occur most frequently. The study employed qualitative content analysis of publicly available official sources from Croatian higher education institutions, including study programme documents, implementation plans, and lists and descriptions of courses. In the initial phase, a working database comprising 110 records of doctoral programmes was compiled. The analysed content was thematically classified according to the environmental, social, economic, and heritage dimensions of sustainability. As publicly available information varied in scope and level of detail across programmes, the qualitative analysis was limited to 40 programmes for which the available documentation enabled a reliable content analysis. The findings indicate different patterns in the integration of sustainability topics into the doctoral programmes analysed, ranging from individual courses to broader programme-level and research orientations. At the same time, the relatively limited presence of education for sustainable development raises the question of opportunities for strengthening the links between doctoral education and communication, education, and community engagement. Such integration could contribute to the education of researchers capable of applying their acquired knowledge to the interdisciplinary examination of environmental and social challenges and of relating these challenges to the needs of specific places and communities.

Key words: heritage, sustainability, doctoral education, study programmes, higher education, education for sustainable development

Promidžba lokalnih proizvoda Baranje kroz zajedničku marku povezanu s identitetom Kopačkog rita

SNJEŽANA BORANIĆ ŽIVODER[1], IVO BAŠIĆ[2]

[1] Institut za turizam, Vrhovec 5, Zagreb
[2] Javna ustanova „Park prirode Kopački rit", Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Bilje

Dopisni autor: snjezana.boranic@iztzg.hr

Sažetak

Baranja je prepoznatljiva po tradiciji proizvodnje vina, meda, paprike, voća, povrća i drugih lokalnih proizvoda a osim gastronomskih vrijednosti to je područje iznimnog prirodnog i kulturnog značaja. Unatoč kvaliteti i autentičnosti njihovih proizvoda, brojni lokalni proizvođači nastupaju pojedinačno, zbog čega je njihova prepoznatljivost na širem tržištu ograničena. Istodobno, Park prirode „Kopački rit" predstavlja jedan od najprepoznatljivijih simbola Baranje i važnu turističku destinaciju. U radu se razmatra mogućnost razvoja zajedničke marke lokalnih proizvoda Baranje koja bi se, uz odgovarajuće pravne i organizacijske uvjete, povezala s identitetom i turističkom prepoznatljivošću Parka prirode „Kopački rit". Cilj je razviti model u kojem bi se proizvodi utemeljeni na lokalnom podrijetlu i tradiciji predstavljali kroz zajedničku priču o prirodi, održivosti, tradiciji i identitetu Baranje. Kao potencijalne skupine proizvoda izdvajaju se baranjsko vino, rakija, med, paprika i proizvodi od paprike, proizvodi od voća i drugi tradicionalni prehrambeni proizvodi lokalnih obiteljskih poljoprivrednih gospodarstva i obrta. Zajednička marka mogla bi potrošaču pružiti jasne informacije o lokalnom podrijetlu proizvoda, njegovim obilježjima i kvaliteti, tradicijskom karakteru i povezanosti s područjem Baranje. Posebna vrijednost koncepta jest povezivanje zaštite prirode i lokalnog gospodarstva. Kopački rit u tom bi modelu bio više od zaštićenog područja – predstavljao bi simbol prostora u kojem priroda, ljudi, tradicija i gospodarstvo funkcioniraju u međusobnoj povezanosti. Posjetitelj bi tako, kupnjom lokalnog proizvoda, mogao ponijeti dio baranjske priče i iskustva sa sobom. Predlaže se razvoj zajedničkog vizualnog identiteta, jasno definiranih kriterija za korištenje oznake, sustava kontrole kvalitete te promotivnih aktivnosti koje bi povezale lokalne proizvođače, Javnu ustanovu Park prirode Kopački rit, turističke zajednice, ugostitelje i druge relevantne dionike. Proizvodi bi se, uz odgovarajuće pravne i organizacijske uvjete, mogli promovirati i prodavati na turističkim prodajnim mjestima, u ugostiteljskim objektima, vinarijama, hotelima i putem digitalnih kanala. Koncept zajedničke marke mogao bi pridonijeti povećanju vidljivosti malih proizvođača, poticanju lokalne proizvodnje, povećanju turističke potrošnje te očuvanju tradicijskih proizvoda i identiteta Baranje. Istodobno, povezivanje proizvoda s pričom o Kopačkom ritu moglo bi dodatno ojačati prepoznatljivost Baranje kao destinacije održivog turizma i autentičnih lokalnih proizvoda.

Ključne riječi: Baranja, Kopački rit, lokalni proizvodi, brendiranje, zajednička marka, održivi turizam, ruralni razvoj.

Promotion of local products of Baranja through a common brand linked to the identity of Kopački rit

SNJEŽANA BORANIĆ ŽIVODER[1], IVO BAŠIĆ[2]

[1] Institute for Tourism, Vrhovec 5, Zagreb, Croatia
[2] Public Institution Kopački rit Nature Park, Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Bilje, Croatia

Corresponding author: snjezana.boranic@iztzg.hr

Abstract

Baranja is recognized for its tradition of producing wine, honey, peppers, fruit, vegetables and other local products, while, in addition to its gastronomic values, the area is of exceptional natural and cultural significance. Despite the quality and authenticity of these products, many local producers operate individually, which limits their visibility in the wider market. At the same time, Kopački rit Nature Park represents one of the most recognizable symbols of Baranja and an important tourist destination. The paper examines the possibility of developing a common brand for local products of Baranja which, subject to appropriate legal and organizational conditions, would be linked to the identity and tourism recognition of Kopački rit Nature Park. The aim is to develop a model in which products based on local origin and tradition would be presented through a common story of nature, sustainability, tradition and the identity of Baranja. Potential product groups include Baranja wine, brandy, honey, peppers and pepper-based products, fruit products, and other traditional food products produced by local family farms and crafts. A common brand could provide consumers with clear information about the local origin of products, their characteristics and quality, traditional character, and connection with the Baranja area. A particular value of the concept lies in connecting nature conservation with the local economy. Within this model, Kopački rit would be more than a protected area – it would represent a symbol of a space where nature, people, tradition and the economy function in mutual interconnection. By purchasing a local product, visitors could take a part of the Baranja story and experience with them. The development of a common visual identity, clearly defined criteria for the use of the designation, a quality control system, and promotional activities is proposed. These activities would connect local producers, the Kopački rit Nature Park Public Institution, tourist boards, hospitality providers and other relevant stakeholders. Subject to appropriate legal and organizational conditions, the products could also be promoted and sold at tourist sales points, in hospitality establishments, wineries, hotels and through digital channels. The common brand concept could contribute to increasing the visibility of small producers, encouraging local production, increasing tourism expenditure, and preserving traditional products and the identity of Baranja. At the same time, linking the products with the story of Kopački rit could further strengthen the recognition of Baranja as a destination for sustainable tourism and authentic local products.

Key words: Baranja, Kopački rit, local products, branding, common brand, sustainable tourism, rural development.

Od stručnih podloga do obnove staništa na područjima ekološke mreže Natura 2000

VESNA CETIN KRNJEVIĆ

Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost, Radnička cesta 80, Zagreb

Dopisni autor: vesna.ck@fzoeu.hr

Sažetak

Projekti očuvanja i obnove prirode u okviru Programa Konkurentnost i kohezija 2021.–2027. usmjereni su na poboljšanje stanja ciljnih vrsta i stanišnih tipova te učinkovitije upravljanje zaštićenim područjima i područjima ekološke mreže Natura 2000. Njihova kvalitetna priprema zahtjeva prethodna istraživanja te izradu stručnih podloga i projektno-tehničke dokumentacije. Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost (FZOEU) financirao je pripremu ukupno 27 projekata u iznosu od oko 1,4 milijuna eura, od kojih se sedam odnosi na vodena i močvarna staništa. Za njihovu je pripremu dodijeljeno oko 530 tisuća eura. Sredstva FZOEU-a bila su namijenjena isključivo pripremi projektnih prijedloga za financiranje njihove provedbe u okviru Programa Konkurentnost i kohezija 2021.–2027. Financirane aktivnosti obuhvatile su izradu prijavne, studijske i projektno-tehničke dokumentacije, kartiranje i procjenu stanja staništa, istraživanje ciljnih vrsta te izradu stručnih podloga i smjernica za upravljanje staništima i vodama. Provedeni su biotički monitoring, biološka karakterizacija ekosustava, istraživanja mrtvica i drugih poplavnih staništa te sedimentološka, hidrološka, hidrogeološka, geofizička i geomorfološka istraživanja. Pripremljena je i dokumentacija za restauraciju i dugoročni monitoring okolišnih parametara. Rezultati istraživanja omogućili su utvrđivanje početnog stanja, prepoznavanje ključnih pritisaka i definiranje mjerljivih mjera očuvanja, restauracije i dugoročnog praćenja. Financiranjem pripremne dokumentacije stručne i znanstvene spoznaje povezane su s konkretnim projektima obnove. Takav pristup doprinosi pokazatelju RCO37 i provedbi Uredbe (EU) 2024/1991 o obnovi prirode, osobito obnovi degradiranih ekosustava te poboljšanju njihove povezanosti, funkcionalnosti i otpornosti.

Ključne riječi: vodena i močvarna staništa, projektna dokumentacija, stručne podloge, monitoring, restauracija, Natura 2000

From expert studies to habitat restoration in sites of Natura 2000 ecological network

VESNA CETIN KRNJEVIĆ

Environmental Protection and Energy Efficiency Fund, Radnička cesta 80, Zagreb, Croatia

Corresponding author: vesna.ck@fzoeu.hr

Abstract

Nature conservation and restoration projects implemented under the Competitiveness and Cohesion Programme 2021–2027 aim to improve the status of target species and habitat types and enhance the management of protected areas and sites of Natura 2000 ecological network Their effective preparation requires prior research and the development of expert studies and project and technical documentation. The Environmental Protection and Energy Efficiency Fund (EPEEF) financed the preparation of 27 projects with a total value of approximately EUR 1.4 million, seven of which focus on aquatic and wetland habitats. Approximately EUR 530,000 was allocated for their preparation. EPEEF funding was intended exclusively for preparing project proposals for implementation funding under the Competitiveness and Cohesion Programme 2021–2027. The funded activities included the preparation of application, project and technical documentation, habitat mapping and condition assessment, research on target species, and the development of expert studies and guidelines for habitat and water management. The activities also included biotic monitoring, biological characterisation of ecosystems, research on oxbow lakes and other floodplain habitats, and sedimentological, hydrological, hydrogeological, geophysical and geomorphological investigations. Documentation for restoration activities and the long-term monitoring of environmental parameters was also prepared. The research results provided a basis for determining baseline conditions, identifying key pressures and defining measurable conservation, restoration and long-term monitoring measures. By financing preparatory documentation, scientific and professional knowledge was translated into concrete restoration projects. This approach contributes to the RCO37 indicator and the implementation of Regulation (EU) 2024/1991 on nature restoration, particularly the restoration of degraded ecosystems and the improvement of their ecological connectivity, functionality and resilience.

Key words: aquatic and wetland habitats, project documentation, expert studies, monitoring, restoration, Natura 2000

Pravni okvir za očuvanje i obnovu europskih močvarnih ekosustava

BILJANA ČINČURAK ERCEG

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Pravni fakultet Osijek, Ulica Stjepana Radića 13, Osijek

Dopisni autor: biljana.cincurak@pravos.hr

Sažetak

Močvarni ekosustavi u Europi suočavaju se s brojnim pritiscima, među kojima se osobito ističu gubitak bioraznolikosti i klimatske promjene. Ubrajaju se među najugroženije ekosustave, a velik broj močvara isušeno je, izmijenjeno i prenamijenjeno, ponajviše zbog poljoprivrede, urbanizacije, regulacije poplava, onečišćenja te prekomjerne eksploatacije vode. Klimatske promjene dodatno intenziviraju navedene pritiske, što se očituje u promjenama hidroloških režima, sve učestalijim ekstremnim sušama i poplavama te povećanom oslobađanju stakleničkih plinova iz degradiranih močvarnih staništa. Europske močvare ključne su za bioraznolikost i otpornost na klimatske promjene. U tom kontekstu, odgovarajuće pravno uređenje i usklađenost ekoloških politika postaju ključni za osiguravanje otpornosti i dugoročne održivosti ovih ekosustava. Može li postojeći okvir odgovarajuće odgovoriti na promjene u močvarnim područjima, zaštititi bioraznolikosti i potrebu prilagodbe klimatskim promjenama? Razvoj međunarodne pravne zaštite močvara započinje Konvencijom o močvarama od međunarodnog značaja, osobito kao prebivalište ptica močvarica (Ramsarskom konvencijom) iz 1971. godine koja je jedini međunarodni ugovor koja se izravno odnosi na očuvanje i upravljanje močvarama. Ramsarska konvencija temelji se na konceptu razumne uporabe. Međutim, izostaje jasnije razmatranje močvarnih područja kao dijela širih ekosustava i okoliša kojem pripadaju. Kasniji razvoj međunarodnopravnih instrumenata, kao što je primjerice Konvencija Ujedinjenih naroda o biološkoj raznolikosti, nastojao je prevladati ovaj nedostatak uvođenjem ekosustavnog pristupa te promicanjem cjelovitog, integriranog pristupa upravljanju močvarnim područjima. Na razini Europske unije, zaštita i upravljanje močvarnim područjima uređeni su složenim pravnim i političkim okvirom koji obuhvaća područja zaštite prirode i staništa, upravljanja vodama, poljoprivrede te klimatske politike. Iako se izravno ne odnose na močvare to su primjerice: Direktiva o staništima (Direktiva Vijeća 92/43/EEZ o očuvanju prirodnih staništa i divlje faune i flore), Okvirna direktiva o vodama (Direktiva 2000/60/EZ Europskog parlamenta i Vijeća o uspostavi okvira za djelovanje Zajednice u području vodne politike), Direktiva o pticama (Direktiva 2009/147/EZ Europskog parlamenta i Vijeća o očuvanju divljih ptica), Europski zakon o klimi (Uredba (EU) 2021/1119 Europskog parlamenta i Vijeća o uspostavi okvira za postizanje klimatske neutralnosti). Najznačajniji pravni zaokret predstavlja Uredba (EU) 2024/1991 Europskog parlamenta i Vijeća o obnovi prirode, koja je stupila na snagu 18. kolovoza 2024. godine, a donesena je kao ključni rezultat Strategije EU-a za bioraznolikost do 2030. Uredba uvodi pravno obvezujuće i vremenski definirane ciljeve obnove degradiranih ekosustava, uključujući močvare. Ciljevi Uredbe o obnovi prirode postižu se izradom i provedbom nacionalnih planova obnove (svaka država članica Komisiji podnosi nacrt nacionalnog plana obnove do 1. rujna 2026.). Unatoč postojanju pravnog okvira te brojnih mjera, njihova praktična provedba u Europskoj uniji ostaje spora, nepovezana i administrativno složena. Glavne prepreke uključuju nedostatak financijskih sredstava, administrativnih

kapaciteta te izraženu neusklađenost među sektorskim politikama. Dodatni izazov predstavljaju sve učestaliji klimatski ekstremi, koji povećavaju rizik od daljnje degradacije i konačnog nestanka močvarnih područja. Učinkovita zaštita europskih močvarnih ekosustava u uvjetima sve izraženijih klimatskih promjena zahtijeva da oni postanu važan dio klimatskih politika i mjera prilagodbe, a ne da ostanu na njihovoj margini. To podrazumijeva bolje usklađivanje politika i zakonodavstva Nacionalne i lokalne strategije ključne su za učinkovitu provedbu europskih ciljeva kroz jasno definirane i konkretne mjere.

Ključne riječi: pravna regulativa močvara, klimatske promjene, Europska unija, zaštita europskih močvarnih ekosustava

Legal framework for the conservation and restoration of European wetland ecosystems

BILJANA ČINČURAK ERCEG

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Law Osijek, Ulica Stjepana Radića 13, Osijek, Croatia

Corresponding author: biljana.cincurak@pravos.hr

Abstract

Wetland ecosystems in Europe face numerous pressures, notably biodiversity loss and climate change. They are among the most endangered ecosystems, and many wetlands have been drained, modified and converted, mainly for agriculture, urbanisation, flood control, pollution and overexploitation of water. Climate change further intensifies these pressures, as reflected in changes in hydrological regimes, more frequent extreme droughts and floods and increased release of greenhouse gases from degraded wetland habitats. European wetlands are crucial for biodiversity and climate-change resilience. In this context, appropriate legal regulation and coherent environmental policies are essential to ensure the resilience and long-term sustainability of these ecosystems. Can the existing framework adequately respond to changes in wetlands, protect biodiversity and the need to adapt to climate change? The development of international legal protection for wetlands began with the 1971 Convention on Wetlands of International Importance, especially as Waterfowl Habitat (Ramsar Convention), which is the only international treaty directly concerned with the conservation and management of wetlands. The Ramsar Convention is based on the concept of wise use. However, it does not clearly consider wetlands as part of the wider ecosystems and environments to which they belong. Later developments in international legal instruments, such as the United Nations Convention on Biological Diversity, have sought to overcome this deficiency by introducing an ecosystem approach and promoting a holistic, integrated approach to wetland management. At the European Union level, the protection and management of wetlands is regulated by a complex legal and policy framework covering the areas of nature and habitat protection, water management, agriculture and climate policy. Although not directly related to wetlands, these include, for example: the Habitats Directive (Council Directive 92/43/EEC on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora), the Water Framework Directive (Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy), the Birds Directive (Directive 2009/147/EC of the European Parliament and of the Council on the conservation of wild birds), the European Climate Law (Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the achieving climate neutrality). The most significant legal development is Regulation (EU) 2024/1991 of the European Parliament and of the Council on nature restoration, which entered into force on 18 August 2024. It was adopted as a key deliverable of the EU Biodiversity Strategy to 2030. The Regulation introduces legally binding and time-bound targets for the restoration of degraded ecosystems, including wetlands. The objectives of the Nature Restoration Regulation are achieved through the development and implementation of national restoration plans (each Member State shall submit to the Commission a draft of the national restoration plan by 1 September 2026). Despite the existence of a legal framework and numerous measures, their practical implementation in the European Union remains slow, disjointed and administratively complex.

The main obstacles include a lack of financial resources, administrative capacity and a pronounced lack of coordination between sectoral policies. An additional challenge is the increasing frequency of climate extremes, which increases the risk of further degradation and eventual disappearance of wetlands. Effective protection of European wetland ecosystems under increasingly pronounced climate change requires that they become an important part of climate policies and adaptation measures, rather than remaining on the margins. This implies better alignment of policies and legislation. National and local strategies are key to the effective implementation of European objectives through clearly defined and concrete measures.

Key words: wetland legislation, climate change, European Union, protection of European wetland ecosystems

Primjeri dobre prakse u gospodarenju opasnim i neopasnim otpadom i njihov doprinos zaštiti okoliša

ANDRIJANA ČOŠIĆ*

Karašica-Vučica d.d. Trg Ante Starčevića 1, Donji Miholjac (*studentica sveučilišnog interdisciplinarnog specijalističkog studija Zaštita prirode i okoliša, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku)

Dopisni autor: cosicandrijana1987@gmail.com

Sažetak

Učinkovito gospodarenje otpadom predstavlja jedan od ključnih izazova suvremene zaštite okoliša, pri čemu pravilno postupanje s opasnim i neopasnim otpadom izravno utječe na očuvanje prirodnih ekosustava i smanjenje rizikâ po ljudsko zdravlje. Ovaj rad prikazuje praktične primjere dobre prakse u upravljanju otpadom s naglaskom na operativne procese razvrstavanja, privremenog skladištenja i predaje otpada ovlaštenim sakupljačima unutar poslovnih i industrijskih sustava. Poseban naglasak stavljen je na primjenu načela kružnog gospodarstva, gdje se neopasni otpad iz građevinskih i djelatnosti održavanja strojeva i voznog parka nastoji u što većoj mjeri oporabiti te ponovno upotrijebiti kao resurs, čime se smanjuje pritisak na odlagališta i prirodne resurse. Također, postupanje sa svim vrstama otpada strogo se kontrolira, vode se propisane evidencije i poduzimaju se potrebne preventivne aktivnosti za sprječavanje incidenata koji bi mogli ugroziti tlo, podzemne vode ili obližnje osjetljive ekosustave. Kroz prikaz sustava internih inspekcija, pravilnog označavanja otpada te kontinuirane edukacije djelatnika, rad ukazuje na važnost operativne discipline u svakodnevnom poslovanju. Zaključno, rad ističe kako uspostava održivog i zakonski usklađenog sustava gospodarenja otpadom u tvrtkama ne predstavlja samo ispunjavanje zakonskih obveza, već ključni korak ka smanjenju ugljičnog otiska i očuvanju bioraznolikosti šireg regionalnog područja.

Ključne riječi: gospodarenje otpadom, opasni otpad, neopasni otpad, kružno gospodarstvo, zaštita okoliša, dobra praksa.

Good practice examples in hazardous and non-hazardous waste management and their contribution to environmental protection

ANDRIJANA ČOŠIĆ*

Karašica-Vučica Ltd. Trg Ante Starčevića 1, Donji Miholjac, Croatia (*student, University Interdisciplinary Specialistic Study Nature and Environmental Protection, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek)

Corresponding author: cosicandrijana1987@gmail.com

Abstract

Effective waste management is one of the key challenges of modern environmental protection, where the proper handling of hazardous and non-hazardous waste directly affects the preservation of natural ecosystems and reduces risks to human health. This paper presents practical examples of good waste management practices, emphasizing operational processes of sorting, temporary storage, and the transfer of waste to authorized collectors within business and industrial systems. Special emphasis is placed on applying circular economy principles, where non-hazardous waste generated from construction and maintenance activities is recovered and reused as a resource to the greatest extent possible, thereby reducing pressure on landfills and natural resources. Conversely, for hazardous waste, the focus is on strict control, regulatory documentation, and preventing incidents that could threaten soil, groundwater, or nearby sensitive ecosystems. By illustrating internal inspection systems, accurate labeling of hazardous substances, and continuous employee training, this paper highlights the importance of operational discipline in day-to-day operations. In conclusion, establishing a sustainable and compliant waste management system in companies is not merely a legal requirement, but a crucial step toward reducing the carbon footprint and preserving biodiversity in the broader regional context.

Key words: waste management, hazardous waste, non-hazardous waste, circular economy, environmental protection, good practice.

Preliminarno istraživanje faune šišmiša na području Aljmaškog rita (bjelobrdska Stara Drava) u okviru projekta „LIFE RESTORE for MDD“

IVAN DAMJANOVIĆ[1,2], DRAGAN PRLIĆ[3], SINIŠA OZIMEC[4]

[1] MEDIATRIX VITAE, Obrt za savjetovanje i edukaciju, Antuna Kanižlića 44, Osijek
[2] Nastavni zavod za javno zdravstvo Osječko-baranjske županije, Drinska 8, Osijek
[3] TRAGOPOGON, Obrt za savjetovanje i edukaciju, Donji Meljani 92c, Donji Meljani, Slatina
[4] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Ulica Vladimira Preloga 1, Osijek

Dopisni autor: ivan.damjanovic8@gmail.com

Sažetak

Projekt „LIFE RESTORE for MDD” usmjeren je na očuvanje i obnovu najvećih kontinuiranih kompleksa poplavnih šuma unutar UNESCO-ova Prekograničnog rezervata biosfere Mura-Drava-Dunav (TBR MDD). Projektom se provode mjere obnove staništa na 29 lokacija duž triju rijeka. Zahvati obuhvaćaju restauraciju i povezivanje riječnih rukavaca s matičnim koritom, proširenje riječnih korita te formiranje prirodnijih poplavnih šuma vrbe i topole od postojećih plantažnih nasada topola. Projektom će biti obnovljene prirodne poplavne šume na površini od 336 ha i 54 km vodnih tijela. U Osječko-baranjskoj županiji projekt restauracije vodnog tijela i poplavnih šuma provodi se na lokaciji bjelobrdske Stare Drave na području Aljmaškog rita, u blizini Parka prirode „Kopački rit“. U sklopu projekta provodi se i biotički monitoring, a poseban naglasak je na vrstama koje su vezane uz šumska staništa. Važna karika u ekosustavu poplavnih šuma su i šišmiši koji se, zbog specifičnog načina života i zahtjevima staništa, smatraju i indikatorima stanja okoliša. Praćenje stanja faune šišmiša provedeno je tijekom ljetnog perioda 2026. godine, metodom snimanje glasanja šišmiša putem bat-detektora na transektu i stacionarnoj točki. Ukupno je determinirano 11 vrsta šišmiša, među kojima valja izdvojiti značajnu zastupljenost vrsta koje su ugrožene na nacionalnoj razini i uvrštene su u Crveni popis divljih vrsta Hrvatske, poput: dugokrili pršnjak (*Miniopterus schreibersii*), dugonogi šišmiš (*Myotis capaccinii*), močvarni šišmiš (*Myotis capaccinii*), mali večernjak (*Nyctalus leisleri*), rani večernjak (*Nyctalus noctula*) i sivi dugoušan (*Plecotus austriacus*). Budući da fauna šišmiša Hrvatske broji 35 vrsta, zabilježeni broj vrsta čini oko trećine (31,4 %), što ukazuje na važnost staništa poplavnih šuma za faunu šišmiša. Neposredna blizina Parka prirode „Kopački rit“ dodatno daje na težini rezultatima istraživanja kao i projektu restauracije i obnove staništa. Potrebno je nastaviti s praćenjem stanja, posebice nakon provedbe restauracije kako bi se dodatno potvrdili pozitivni učinci na povećanje brojnosti vrsta i populacija, ne samo šišmiša nego i drugih značajnih skupina faune vezanih uz poplavne šume i riječne ekosustave.

Ključne riječi: bioraznolikost, šišmiši, fauna, rijeka Drava

Zahvala: Istraživanje je provedeno kao dio aktivnosti projekta: „Zaštita i obnova poplavnih šumskih staništa uz rijeke Muru, Dravu i Dunav“ (LIFE-2022-SAP-NAT-NATURE, broj 101113557), financiranog iz LIFE Programa Europske unije.

Preliminary monitoring of bat fauna in the Aljmaški Rit area (location Bjelobrdska Oxbow Lake) within the "LIFE RESTORE for MDD" project

IVAN DAMJANOVIĆ[1,2], DRAGAN PRLIĆ[3], SINIŠA OZIMEC[4]

[1] MEDIATRIX VITAE, Consulting and Education Trade, Antuna Kanižlića 44, Osijek, Croatia
[2] Teaching Institute of Public Health for the Osijek-Baranja County, Drinska 8, Osijek, Croatia
[3] TRAGOPOGON, Consulting and Education Trade, Donji Meljani 92c, Donji Meljani, Slatina, Croatia
[4] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Ulica Vladimira Preloga 1, Osijek, Croatia

Corresponding author: ivan.damjanovic8@gmail.com

Abstract

The project "LIFE RESTORE for MDD" is focused on conservation and restoration of the floodplain forests in UNESCO's five country Transboundary Biosphere Reserve Mura-Drava-Danube. The project implements restoration measures at 29 locations along three rivers. The operations include the restoration and connection of the river side arms with the main course, the expansion of the river beds and the formation of more natural willow and poplar flood forests from the existing poplar plantations. The project will restore natural floodplain forests on an area of 336 ha and 54 km of water bodies. In the Osijek-Baranja County, the water body and flood forest restoration project is being carried out at the location of the Bjelobrda Oxbow Lake a in the area of Aljmaški rit, near the Kopački rit Nature Park. As part of the project, activity of biotic monitoring is also carried out, with special emphasis on species that are linked to forest habitats. Bats are also a vital chain in the floodplain forest ecosystem, and due to their specific lifestyle and habitat requirements they are considered indicators of environmental health. Monitoring of the bat fauna was conducted during the summer of 2026, using bat detectors to record calls along a transect and at a stationary point. A total of 11 bat species were identified; notably, there was significant representation of species that are nationally threatened and listed in the Red List of Wild Species of Croatia, such as *Miniopterus schreibersii, Myotis capaccinii, Nyctalus leisleri, Nyctalus noctula*, and *Plecotus austriacus*. Given that Croatia's bat fauna comprises 35 species, the number recorded represents nearly one-third (31.4%) highlighting the importance of floodplain forest habitats for bat fauna. The immediate proximity of Kopački Rit"Nature Park further underscores the significance of the research results and the habitat restoration project. Continued monitoring is essential, particularly following the restoration, to further confirm the positive effects on the abundance of species and populations, not only of bats but also of other important faunal groups associated with floodplain forests and river ecosystems.

Key words: biodiversity, bats, fauna, Drava River

Acknowledgment: Research was done as a part of the activities of the project: „Preserving and restoring floodplain forest habitats along the Mura-Drava-Danube" (LIFE-2022-SAP-NAT-NATURE, number 101113557), granted by the European Union LIFE Programme.

Monitoring podzemnih voda u Parku prirode "Kopački rit" tijekom 2025. godine

IVAN DAMJANOVIĆ[1], HRVOJE SUČIĆ[1], DANIJELA BEZIK[1], BARBARA PETROVICKY ŠVEIGER[1], INES RUŠKAN[1], LEONTINA TOTH JAKELJIĆ[1], MARIKA KRALJ[1], DARIO KOLARIĆ[1], PAVO ŽIVKOVIĆ[1], TANJA MARKOVIĆ[1], HRVOJE BABIĆ[1], IVAN TOT[2]

[1] Nastavni zavod za javno zdravstvo Osječko-baranjske županije, Drinska 8, Osijek
[2] Hrvatske vode, pravna osoba za upravljanje vodama, Ulica Grada Vukovara 220, Zagreb

Dopisni autor: zzekovode.zzos@gmail.com

Sažetak

Monitoring podzemnih voda u sklopu projekta Naturavita na području Parka prirode "Kopački rit" (PPKR), za naručitelja Hrvatske vode, predviđen je za razdoblje od 2025. do 2027. godine. Cilj provedbe monitoringa je, između ostalog, praćenje među utjecaja podzemnih i površinskih voda u uvjetima klimatskih promjena, praćenje mogućeg utjecaja lokalnoga onečišćenja te utvrđivanje kemijskog i količinskog stanja podzemnih voda. Tijekom 2025. godine Nastavni zavod za javno zdravstvo OBŽ provodio je uzorkovanje podzemnih voda za usluge monitoringa kemijskog stanja podzemnih voda na četiri piezometra: PPKR-3, PPKR-4, PPKR-6 i PPKR-7. Provedeno je ukupno četiri uzorkovanja na osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje, hranjive tvari, ione, metale i pesticide. Rezultati provedenog monitoringa podzemnih voda pokazuju da su na sva četiri promatrana piezometra utvrđene koncentracije amonija iznad propisane granične vrijednosti od 0,5 mg NH_4/L. Međutim, navedena granična vrijednost nije mjerodavna za ocjenu stanja tijela podzemne vode Istočne Slavonije, sliv Drave i Dunava. Za predmetno tijelo podzemne vode Uredbom (NN 96/2019, 20/2023 i 50/2023 – ispravak) propisana je specifična granična vrijednost za amonij od 10 mg NH_4/L. Usporedbom izmjerenih koncentracija s navedenom graničnom vrijednošću utvrđeno je da je prekoračenje zabilježeno samo u uzorku s piezometra PPKR-6, uzorkovanom 3. srpnja 2025. U pogledu koncentracija arsena, na piezometrima PPKR-6 i PPKR-7 utvrđene su vrijednosti iznad propisane granične vrijednosti od 10 µg/L. Međutim, za tijelo podzemne vode Istočne Slavonije, sliv Drave i Dunava, primjenjuje se specifična granična vrijednost za arsen od 500 µg/L. Sve izmjerene koncentracije arsena tijekom predmetnog monitoringa bile su niže od navedene granične vrijednosti.

Ključne riječi: podzemna voda, monitoring, Kopački rit

Groundwater monitoring in Kopački rit Nature Park during 2025

IVAN DAMJANOVIĆ[1], HRVOJE SUČIĆ[1], DANIJELA BEZIK[1], BARBARA PETROVICKY ŠVEIGER[1], INES RUŠKAN[1], LEONTINA TOTH JAKELJIĆ[1], MARIKA KRALJ[1], DARIO KOLARIĆ[1], PAVO ŽIVKOVIĆ[1], TANJA MARKOVIĆ[1], HRVOJE BABIĆ[1], IVAN TOT[2]

[1] Teaching Institute of Public Health for the Osijek-Baranja County, Drinska 8, Osijek, Croatia
[2] Croatian Waters, Legal Entity for Water Management, Ulica Grada Vukovara 220, Zagreb, Croatia

Corresponding author: zzekovode.zzos@gmail.com

Abstract
Groundwater monitoring within the framework of the Naturavita project in Kopački Rit Nature Park (PPKR) area, commissioned by Croatian Waters, is scheduled for the period from 2025 to 2027. The objective of the monitoring is to track the interaction between groundwater and surface water under climate change conditions, monitor the potential impact of local pollution, and determine the chemical and quantitative status of the groundwater. During 2025, the Teaching Institute of Public Health for the Osijek-Baranja County conducted groundwater sampling to monitor the chemical status of groundwater at four piezometers: PPKR-3, PPKR-4, PPKR-6, and PPKR-7. A total of four sampling cycles were carried out to analyse basic physicochemical parameters, nutrients, ions, metals, and pesticides. The results of the groundwater monitoring indicate that ammonium concentrations exceeding the prescribed limit value of 0.5 mg NH_4/L were detected at all four monitored piezometers. However, this limit value is not applicable for assessing the status of the Eastern Slavonia groundwater (Drava and the Danube basins). For the groundwater body in question, the Regulation (Official Gazette Nos. 96/2019, 20/2023, and 50/2023 – corrigendum) prescribes a specific ammonium limit value of 10 mg NH_4/L. A comparison of the measured concentrations with this limit value revealed that an exceedance was recorded only in the sample taken from piezometer PPKR-6 on July 3, 2025. Regarding arsenic concentrations, values above the prescribed limit value of 10 µg/L were determined on piezometers PPKR-6 and PPKR-7. However, a specific limit value for arsenic of 500 µg/L is applied for the groundwater in Eastern Slavonia, the Drava and Danube basin. All measured arsenic concentrations during the subject monitoring were lower than the specified limit value.

Key words: groundwater, monitoring, Kopački rit

WildMon akustički *pipeline*: Skalabilan AI sustav za akustičko praćenje bioraznolikosti

TOMAZ NASCIMENTO DE MELO[1], JOSÉ W. RIBEIRO JR[1], CLAYDSON BEZERRA[1], MARÍA J. ANDRADE-NÚÑEZ[1], THIAGO BICUDO[1], LOLA ABED[1], GABRIEL AUGUSTO LEITE[1], GUILHERME MELO[1], GIULYANA ALTHMANN BENEDICTO[1], TALA HOUSSAMI[1], KRIS HARMON[1], IVANA MAJIĆ[2], SINIŠA OZIMEC[2], IVAN PLAŠČAK[2], VLATKO ROŽAC[3], MARCONI CAMPOS-CERQUEIRA[1]

[1] WildMon, Lewes, Delaware, USA
[2] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Ulica Vladimira Preloga 1, Osijek, Croatia
[3] Javna ustanova „Park prirode Kopački rit", Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Bilje

Dopisni autor: tomaz@wildmon.ai

Sažetak

Pasivni akustički monitoring generira ogromne količine audio snimaka, no pretvaranje milijuna minuta zvuka u praktične podatke o očuvanju ostaje glavni izazov. Razvili smo skalabilan AI tijek rada u oblaku koji integrira temeljne modele, otvorene baze podataka o bioraznolikosti, pretraživanje sličnosti ugradnji i stručnu validaciju. Sirovi zvuk segmentira se i prolazi kroz temeljne modele dubokog učenja (npr. BirdNET, Perch) kako bi se izračunale audio ugradnje i akustički indeksi. Podaci o pojavnosti iz GBIF-a, filtrirani po geografskim koordinatama, koriste se za izradu popisa kandidatskih vrsta: standardni taksoni otkrivaju se automatski, dok se rijetke i nedovoljno zastupljene vrste (vodozemci, sisavci, kukci) označavaju pretraživanjem sličnosti u odnosu na referentne zvukove iz Xeno-Canta i iNaturalista. Validaciju provode stručnjaci putem sučelja Chorus, uz pametne strategije filtriranja prilagođene istraživačkim ciljevima. Korisnici naknadno mogu trenirati lagane, prilagođene regionalne klasifikatore na unaprijed izračunatim ugradnjama. U trogodišnjem projektu proučavanja Parka prirode "Kopački rit" u Hrvatskoj generirano je 188.587 validiranih detekcija iz 4.442.539 minuta zvuka snimljenog na 98 mjesta, dokumentirajući 164 divlje vrste (154 ptice, 5 sisavaca, 5 vodozemaca) - ručni pregled te količine zvuka zahtijevao bi oko 74000 h, odnosno 25 godina uz 8-satni dnevni rad. Validirani rezultati u Darwin Core formatu integriraju se u WildMonovu nadzornu ploču i globalne baze podataka bioraznolikosti. Ovaj modularni okvir otvorenih podataka pruža pristupačno i vrlo učinkovito rješenje za dugoročno praćenje bioraznolikosti diljem svijeta.

Ključne riječi: pasivni akustički monitoring, duboko učenje, audio ugradnje, monitoring bioraznolikosti, ručna akustička validacija

Zahvala: Istraživanje je provedeno je u sklopu projekta Wetland and Wildlife Monitoring Using Technology and Acoustics (WatchOut) (2022-2026) uz potporu tvrtke Huawei technologies d.o.o. u okviru programa TECH4ALL Nature Guardian.

WildMon acoustic pipeline: A scalable AI workflow for acoustic biodiversity monitoring

TOMAZ NASCIMENTO DE MELO[1], JOSÉ W. RIBEIRO JR[1], CLAYDSON BEZERRA[1], MARÍA J. ANDRADE-NÚÑEZ[1], THIAGO BICUDO[1], LOLA ABED[1], GABRIEL AUGUSTO LEITE[1], GUILHERME MELO[1], GIULYANA ALTHMANN BENEDICTO[1], TALA HOUSSAMI[1], KRIS HARMON[1], IVANA MAJIĆ[2], SINIŠA OZIMEC[2], IVAN PLAŠČAK[2], VLATKO ROŽAC[3], MARCONI CAMPOS-CERQUEIRA[1]

[1] WildMon, Lewes, Delaware, USA
[2] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Ulica Vladimira Preloga 1, Osijek, Croatia
[3] Public Institution Kopački rit Nature Park, Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Bilje, Croatia

Corresponding author: tomaz@wildmon.ai

Abstract

Passive acoustic monitoring can generate vast amounts of audio recordings, but transforming millions of minutes of sound into actionable conservation data remains a major operational challenge. We developed a cloud-ready, scalable AI workflow that integrates pre-trained foundation models, open biodiversity databases, embedding similarity search, and expert validation. Raw audio is segmented and passed through deep learning foundation models (e.g., BirdNET, Perch) to compute audio embeddings and acoustic indices. GBIF occurrence data, filtered by geographic coordinates, is used to assemble a candidate species list. Taxa covered by standard AI classifiers are detected automatically, while rare, local, or underrepresented species (such as amphibians, mammals, and insects) are flagged using embedding similarity searches against reference calls retrieved from repositories like Xeno-Canto and iNaturalist. We used Chorus, our web-based validation interface that allows experts to review detections efficiently using smart filtering strategies tailored to specific research goals (e.g., validating top daily detections for occupancy modeling or sampling confidence ranges for active learning). Users can subsequently train lightweight, custom regional classifiers on the pre-computed embeddings. We applied this pipeline in a three-year initiative at Kopački rit Nature Park, Croatia, generating 188,587 validated detections from 4,442,539 minutes of audio across 98 sampling sites and documenting 164 species (154 birds, 5 mammals, 5 amphibians). Manually reviewing this volume of audio would require roughly 74,000 h of listening, the equivalent of 25 years at 8 hours per day — highlighting the scale of manual effort this automated pipeline is designed to reduce. Validated results exported in Darwin Core format seamlessly integrate into the WildMon Dashboard as well as global biodiversity databases and ecological modeling frameworks. This modular, open-data framework provides an accessible, non-invasive, and highly efficient solution for long-term biodiversity monitoring across diverse ecosystems worldwide.

Key words: passive acoustic monitoring, deep learning, audio embeddings, biodiversity monitoring, manual acoustic validation

Acknowledgement: This research was conducted as part of the project *Wetland and Wildlife Monitoring Using Technology and Acoustics* (WatchOut) (2022–2026), supported by Huawei Technologies d.o.o. within the TECH4ALL Nature Guardian programme.

Sastav zajednice vodenih kukaca u gorsko-planinskim potocima područja Slavonskog gorja tijekom zimske sezone

MATEA DENT[1]*, VIKTORIJA ERGOVIĆ[1], MIRAN KOH[1], PREDRAG SIMOVIĆ[1,2], BOGUMIŁ ŁOSIEWICZ[1,3,4], BARBARA VLAIČEVIĆ[1]

[1] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek (*student)
[2] Univerzitet u Kragujevcu, Prirodno-matematički fakultet, Institut za biologiju i ekologiju, Radoja Domanovića 12, Kragujevac, Srbija
[3] Sveučilište prirodnih znanosti u Varšavi, Fakultet za bioekonomiju i prehrambene sustave, Zavod za biologiju okoliša životinja, Ciszewskiego 8/23, Varšava, Poljska (*student Doktorskog studija)
[4] Poljska akademija znanosti, Kielanowski institut za animalnu fiziologiju i prehranu, Zavod za genetičko inženjerstvo, Instytucka 3, Jabłonna, Poljska

Dopisni autor: matea.dent@biologija.unios.hr

Sažetak

U gorsko-planinskim potocima zajednicu vodenih kukaca odlikuje izrazita dominacija skupina Ephemeroptera, Plecoptera i Trichoptera, tulari (EPT). Njihova zastupljenost i vrsni sastav ovise o uvjetima korita, a ono je pod utjecajem nadmorske visine. Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi utjecaj abiotičkih čimbenika i tipa supstrata na sastav i brojnost zajednice EPT tijekom zimske sezone u potocima Papuka i Psunja. Uzorkovanje je provedeno tijekom veljače i početkom ožujka 2025. na 10 lokaliteta na dvije nadmorske visine svakog potoka radi visinskog gradijenta uvjeta okoliša. Uzorci makrozoobentosa prikupljeni su ručnom bentos mrežom promjera oka 500 µm, uz mjerenje abiotičkih čimbenika. Ukupno je prikupljeno 90 uzoraka, izolirano i jedinke EPT su determinirane do najniže taksonomske kategorije. Vrste *Baetis rhodani* unutar skupine Ephemeroptera i *Brachyptera risi* unutar skupine Plecoptera s 36,78 % odnosno 72,77 %, pokazale su najveću zastupljenost, dok su unutar Trichoptera dominirali rodovi *Glossosoma* i *Stenophylax* s 12,93 odnosno 18,85 %. Njihova dominacija može se povezati s prilagodbom na gorsko-planinske uvjete i sposobnošću naseljavanja različitih mikrostaništa. Lokaliteti na Psunju pokazali su ujedno i najviše i najniže vrijednosti indeksa raznolikosti: lokaliteti na Cikotskoj imali su najveću raznolikost, dok su lokaliteti na Sivornici pokazali najniže vrijednosti, što se povezuje s heterogenošću stanišnih uvjeta, strukturom supstrata i širinom korita. Analiza redundancije (RDA) i Spearmanov koeficijent korelacije pokazali su da tvrdoća vode, nadmorska visina, vrsta supstrata, širina korita te pripadnost planinskom sustavu Papuka i Psunja najbolje objašnjavaju sastav EPT zajednice. Test indikatorskih vrsta potvrdio je povezanost pojedinih svojti prema supstratu: na akalu *Habroleptoides confusa* (42,03), *Ephemera danica* (32,21), *Ecdyonurus* sp. (36,31), *Sericostoma personatum* (29,49), *Ephemerella mucronata* (27,34) i *Sericostoma flavicorne* (27,44); na mikrolitalu: *Rhithrogena semicolorata* gr. (39,69), *B. rhodani* (38,94) i *Leuctra* sp. (35,11), dok se *Tinodes rostocki* (25,97) vezala uz megalital, čime je dodatno potvrđen utjecaj tipa supstrata na oblikovanje EPT zajednice. Struktura i heterogenost staništa, uključujući karakteristike toka i prisutnost različitih tipova supstrata, ključni su čimbenici koji određuju sastav i brojnost zajednica, omogućujući vrstama s različitim ekološkim zahtjevima zauzimanje odgovarajućih ekoloških niša.

Ključne riječi: Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Papuk, Psunj

Aquatic insect assemblages in mountain streams in the Slavonian mountains during the winter season

MATEA DENT[1]*, VIKTORIJA ERGOVIĆ[1], MIRAN KOH[1], PREDRAG SIMOVIĆ[1,2], BOGUMIŁ ŁOSIEWICZ[1,3,4], BARBARA VLAIČEVIĆ[1]

[1] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia (*student)
[2] University of Kragujevac, Faculty of Science, Department of Biology and Ecology, Radoja Domanovića 12, Kragujevac, Serbia
[3] Warsaw University of Life Sciences, Faculty of Bioeconomy and Food Systems, Department of Animal Environment Biology, Ciszewskiego 8, Warsaw, Poland
[4] Polish Academy of Sciences, Kielanowski Institute of Animal Physiology and Nutrition, Department of Genetic Engineering, Instytucka 3, Jabłonna, Poland

Corresponding author: matea.dent@biologija.unios.hr

Abstract

In mountain streams, aquatic insect communities are characterised by a pronounced dominance of the Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera (caddisflies) groups (EPT). Their relative abundance and species composition depend on streambed conditions, which vary with altitude. This study aimed to determine the effects of abiotic factors and substrate type on the composition and abundance of EPT communities during the winter season in streams in the Papuk and Psunj mountains. Sampling was conducted in February and early March 2025 at ten sites located at two altitudes along each stream. Macrozoobenthos samples were collected using a hand-held benthic net with a 500 µm mesh size, while abiotic environmental variables were measured simultaneously. A total of 90 samples were collected, and EPT individuals were identified to the lowest taxonomic level. From Ephemeroptera, *Baetis rhodani*, and from Plecoptera, *Brachyptera risi*, showed the highest relative abundances, 36.78% and 72.77%, respectively. Within Trichoptera, the genera *Glossosoma* and *Stenophylax* were dominant, 12.93% and 18.85%, respectively. Their dominance may reflect adaptations to mountain-stream conditions and their ability to occupy different microhabitats. Sites on Psunj exhibited both the highest and lowest diversity index values. The Cikotska stream had the highest diversity, whereas the Sivornica stream had the lowest. These patterns may be related to habitat heterogeneity, particularly substrate structure and streambed width. Redundancy analysis (RDA) and Spearman's rank correlation analysis indicated that water hardness, altitude, substrate type, streambed width, and mountain system (Papuk vs. Psunj) were the variables that best explained variation in EPT community composition. The indicator species value analysis further confirmed associations between individual taxa and substrate types. On akal substrates, *Habroleptoides confusa* (42,03), *Ephemera danica* (32,21), *Ecdyonurus* sp. (36,31), *Sericostoma personatum* (29,49), *Ephemerella mucronata* (27,34) and *Sericostoma flavicorne* (27,44); on microlithal *Rhithrogena semicolorata* gr. (39,69), *B. rhodani* (38,94) and *Leuctra* sp. (35,11), while *Tinodes rostocki* (25,97) was associated with megalithal substrates, further confirming the influence of substrate type on EPT community structure. Overall, habitat structure and heterogeneity are key factors determining the composition and abundance of EPT communities.

Key words: Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Papuk, Psunj

Dnevno-noćne promjene sastava i strukture zajednice riba u Dunavu i donjem toku rijeke Drave u Hrvatskoj

DAVID DIANEŽEVIĆ[1], ROMAN KARLOVIĆ[1], FILIP CVETKO[1], IVA JAKOPČEVIĆ[1], SARA PLEŠE[1], NIKOLA RENIĆ[1], SVEN HORVATIĆ[1], GORAN TVRDINIĆ[1], SINIŠA VAJDIĆ[1], ZORAN MARČIĆ[1], MARKO ĆALETA[2], DAVOR ZANELLA[1], PERICA MUSTAFIĆ[1]

[1] Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Rooseveltov trg 6, Zagreb
[2] Sveučilište u Zagrebu, Učiteljski fakultet, Savska cesta 77, Zagreb

Dopisni autor: david.dianezevic@biol.pmf.hr

Sažetak

Istraživanje prostornih i vremenskih obrazaca bioraznolikosti jedno je od središnjih tema ekologije. Tako je razumijevanje dnevno-noćne dinamike zajednica riba ključno za interpretaciju ekoloških procesa u slatkovodnim ekosustavima. Iako su velike nizinske rijeke ključne za očuvanje slatkovodne bioraznolikosti, zbog složenosti njihovih ekoloških procesa i metodoloških izazova u istraživanju još uvijek su nedovoljno proučene, a dnevno-noćne promjene u sastavu zajednica riba u Hrvatskoj do sada nisu istraživane. Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi razlike u sastavu zajednica i veličinskih struktura riba između dnevnog i noćnog razdoblja u priobalnom pojasu Dunava i donjeg toka Drave. Uzorkovanje je provedeno metodom elektroribolova tijekom dana i noći, tijekom ljetnog perioda, na tri lokaliteta s pet transekata po svakom. Zabilježeno je ukupno 34 vrste riba, a analizirana je njihova pojavnost, brojnost i veličinska struktura. Dnevno-noćni sastav zajednica procijenjen je primjenom multivarijatnih i univarijatnih statističkih metoda. Dobiveni rezultati su pokazali statistički značajne razlike u sastavu zajednice između dnevnog i noćnog razdoblja po svakom transektu (PERMANOVA: R^2 = 0,231, p = 0,001), a ordinacijska analiza pokazala je razdvajanje uzoraka prema dobu dana (nMDS, stress = 0,176). SIMPER analiza pokazala je da glavočić okrugljak (*Neogobius melanostomus*), krupatica (*Blicca bjoerkna*) i bjeloperajna krkuša (*Romanogobio vladykovi*) najviše doprinose Bray-Curtisovoj različitosti između dnevnih i noćnih zajednica. IndVal analizom identificirane su tri indikatorske vrste dnevnog i sedam indikatorskih vrsta noćnog razdoblja. Među najizraženijim indikatorima noćnog razdoblja izdvojile su se krupatica, prugasti balavac (*Gymnocephalus schraetser*), bjeloperajna krkuša i smuđ (*Sander lucioperca*) (IndVal > 0,80, p < 0,01). Analiza veličinske strukture primjenom GLMM (log-normal) modela pokazala je da se duljina tijela značajno razlikuje između dnevnog i noćnog razdoblja kod pojedinih vrsta. Najizraženiji učinci zabilježeni su kod mrene (*Barbus barbus*; β = 1,25), podusta (*Chondrostoma nasus*; β = 0,97) i grgeča (*Perca fluviatilis;* β = 0,62). Ovo istraživanje predstavlja prvi prikaz dnevno-noćne dinamike zajednica riba Dunava i donjeg toka Drave u Hrvatskoj, a dobiveni rezultati podudaraju se s rezultatima sličnih istraživanja srednjeg toka Dunava. Razlike u sastavima zajednica priobalnih pojasa rijeka između dana i noći objašnjavaju se dnevno-noćnim migracijama (ali i ostalim životnim navikama) riba između obalne zone i središnjeg/dubljeg dijela riječnog korita. Tijekom dana male ribe i tipične priobalne vrste nastanjuju obalna područja, dok potamalna skupina naseljava središnji/dublji dio riječnog korita. Noću se dominantne potamalne vrste lateralno premještaju prema obali.

Istraživanje potvrđuje da vrijeme uzorkovanja značajno utječe na procjenu sastava zajednice i veličinske strukture populacija riba obalnih pojasa velikih rijeka te ističe važnost noćnog uzorkovanja u dobivanju cjelokupne slike raznolikosti faune riba velikih rijeka.

Ključne riječi: dnevno-noćne promjene, zajednica riba, Dunav, elektroribolov, indikatorske vrste

Zahvala: Istraživanje je provedeno u okviru međunarodnog programa Joint Danube Survey 5 (JDS5), koordiniranog od strane Međunarodne komisije za zaštitu rijeke Dunav (ICPDR).

Diel variation in fish community composition and size structure in the Danube River and the lower Drava River, Croatia

DAVID DIANEŽEVIĆ[1], ROMAN KARLOVIĆ[1], FILIP CVETKO[1], IVA JAKOPČEVIĆ[1], SARA PLEŠE[1], NIKOLA RENIĆ[1], SVEN HORVATIĆ[1], GORAN TVRDINIĆ[1], SINIŠA VAJDIĆ[1], ZORAN MARČIĆ[1], MARKO ĆALETA[2], DAVOR ZANELLA[1], PERICA MUSTAFIĆ[1]

[1] University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Biology, Rooseveltov trg 6, Zagreb, Croatia
[2] University of Zagreb, Faculty of Teacher Education, Savska cesta 77, Zagreb, Croatia

Corresponding author: david.dianezevic@biol.pmf.hr

Abstract

Understanding spatial and temporal patterns of biodiversity is one of the central topics in ecology. In this context, understanding diel (day–night) dynamics of fish communities is crucial for interpreting ecological processes in freshwater ecosystems. Despite their importance for the conservation of freshwater biodiversity, large lowland rivers remain understudied because of the complexity of their ecological processes and the methodological challenges involved in their investigation. As a result, diel variations in fish community composition have not yet been investigated in Croatia. The aim of this study was to assess differences in fish community composition and body size structure between day and night periods in the littoral zone of the Danube River and the lower Drava River. Sampling was conducted using electrofishing during both day and night, during summer period across three study sites with five transects per site. A total of 34 fish species were analysed in terms of occurrence, abundance, and size structure. Diel patterns in community composition were assessed using multivariate and univariate statistical approaches. The results revealed significant differences in community composition between day and night per each transect (PERMANOVA: $R^2 = 0.231$, $p = 0.001$), while nMDS ordination showed a clear separation of samples according to time of day (stress = 0.176). SIMPER analysis showed that the Round goby (*Neogobius melanostomus*), White bream (*Blicca bjoerkna*), and Whitefin gudgeon (*Romanogobio vladykovi*) contributed most to the Bray–Curtis dissimilarity between day and night fish assemblages. IndVal analysis identified three indicator species for the day period and seven for the night period. The most pronounced night-time indicators included White bream, Schraetzer (*Gymnocephalus schraetser*), White-finned gudgeon, and Pike-perch (*Sander lucioperca*) (IndVal > 0.80, $p < 0.01$). Analysis of size structure using log-normal GLMMs showed that body length significantly differed between day and night in several species. The strongest effects were observed in European barbel (*Barbus barbus*; $\beta = 1.25$), Nase (*Chondrostoma nasus*; $\beta = 0.97$), and European perch (*Perca fluviatilis*; $\beta = 0.62$). This study provides the first description of diel dynamics of fish communities in the Danube and lower Drava Rivers in Croatia, and the results are consistent with previous findings from the middle Danube. Differences in littoral fish assemblages between day and night are explained by diel migrations (but also other life-history traits) between the shoreline and mid-channel deeper-water habitats. During the day, small fishes and typical littoral species occupy shallow shoreline areas, whereas potamal species dominate mid-channel habitats. At night, dominant potamal species move laterally towards the shoreline.

This research demonstrates that sampling time significantly affects estimates of fish community composition and size structure in large river littoral zones, highlighting the importance of night-time sampling for obtaining a comprehensive understanding of riverine fish fauna diversity.

Key words: diel dynamics, fish community, Danube River, electrofishing, indicator species

Acknowledgements: The authors acknowledge the International Commission for the Protection of the Danube River (ICPDR) for coordinating the Joint Danube Survey 5 (JDS5), within which the field sampling for this study was conducted.

Digitalni alati i simulacije u istraživanju utjecaja klimatskih promjena na močvarni ekosustav Kopačkog rita

ANDREJA DORIĆ, NATAŠA MESIĆ MUHAREMI

Osnovna škola Darda, Školska 9, Darda

Dopisni autor: natasa.mesic-muharemi@skole.hr

Sažetak

Klimatske promjene jedan su od ključnih izazova današnjice, a njihovo razumijevanje zahtijeva povezivanje teorijskih spoznaja s konkretnim pojavama i podacima iz okoliša. Kopački rit, kao jedno od najvrjednijih močvarnih područja Europe, predstavlja iznimno pogodno područje za istraživanje takvih promjena. Funkcioniranje njegova ekosustava i očuvanje bioraznolikosti uvelike ovise o prirodnoj dinamici Dunava i Drave, dok promjene vodnog režima, dugotrajne suše, smanjenje količine oborina, porast ljetnih temperatura i sve izraženije hidrološke krajnosti predstavljaju sve veći pritisak na močvarna staništa. Cilj rada bio je razviti i primijeniti digitalne alate koji omogućuju istraživanje utjecaja klimatskih promjena na Kopački rit te potaknuti razvoj istraživačkih, digitalnih i kritičkih kompetencija. U tu su svrhu razvijena dva digitalna edukacijska alata namijenjena učenicima. Kopački Rit Wetland Simulation omogućuje modeliranje međuodnosa ključnih klimatskih, hidroloških i okolišnih čimbenika te promatranje njihovih mogućih posljedica na močvarni ekosustav. AI Green Hub nadograđuje istraživački pristup interaktivnim sadržajima usmjerenima na Kopački rit i močvarna područja, uključujući istraživačke izazove, aktivnosti učenja i provjeru znanja, prepoznavanje dezinformacija te primjenu umjetne inteligencije u istraživanju okolišnih problema. Razvijeni alati primijenjeni su u vođenim istraživačkim aktivnostima, uz korištenje stvarnih i simuliranih podataka te dodatnih digitalnih izvora, među kojima En-ROADS, C-ROADS, Köppen Climate Explorer, Sea Level Calculator, Sea Level Rise Viewer, FutureEarth i IPCC WGI Interactive Atlas. Analizirani su podaci o temperaturi, koncentraciji ugljikova(IV) oksida, oborinama, deforestaciji i drugim čimbenicima, a njihovi su mogući učinci na bioraznolikost i funkcioniranje močvarnog ekosustava uspoređivani kroz različite scenarije. Rezultati su predstavljani grafičkim prikazima i prezentacijama te potkrijepljeni argumentiranim raspravama. Posebna vrijednost pristupa očitovala se u mogućnosti mijenjanja parametara, promatranja posljedica različitih scenarija i predlaganja novih parametara i sadržaja za daljnji razvoj alata. Primjena digitalnih simulacija i interaktivnih sadržaja omogućila je razumijevanje složenih međuodnosa klimatskih, hidroloških i ekoloških čimbenika koje je teško neposredno promatrati u prirodnom okruženju. Takav pristup potaknuo je aktivno istraživanje, interpretaciju podataka, usporedbu scenarija, kritičko promišljanje i donošenje zaključaka. Razvijeni alati pritom predstavljaju mogućnost povezivanja učenja o klimatskim promjenama s konkretnim lokalnim ekosustavom te pridonose osvješćivanju potrebe za očuvanjem Kopačkog rita i drugih osjetljivih močvarnih područja.

Ključne riječi: bioraznolikost, digitalni alati, istraživačko učenje, klimatske promjene, Kopački rit, kritičko mišljenje, močvarni ekosustav, simulacija

Digital tools and simulations for investigating climate change impacts on the Kopački rit wetland ecosystem

ANDREJA DORIĆ, NATAŠA MESIĆ MUHAREMI

Elementary School Darda, Školska 9, Darda, Croatia

Corresponding author: natasa.mesic-muharemi@skole.hr

Abstract

Climate change is one of the key challenges of our time, and understanding it requires linking theoretical knowledge with specific environmental phenomena and data. Kopački Rit, as one of Europe's most valuable wetlands, represents an exceptionally suitable area for research into such changes. The functioning of its ecosystem and the preservation of biodiversity depend heavily on the natural dynamics of the Danube and Drava rivers, while changes in the water regime, prolonged droughts, decreased precipitation, rising summer temperatures, and increasingly pronounced hydrological extremes pose a growing pressure on wetland habitats. The aim of this paper was to develop and apply digital tools that enable the investigation of climate change impacts on Kopački Rit and to stimulate the development of research, digital, and critical competencies. For this purpose, two digital educational tools intended for students were developed. The *Kopački Rit Wetland Simulation* enables the modelling of interrelationships between key climate, hydrological, and environmental factors, as well as the observation of their potential consequences on the wetland ecosystem. The *AI Green Hub* builds upon the research approach with interactive content focused on Kopački Rit and wetlands, including research challenges, learning activities, knowledge assessments, misinformation identification, and the application of artificial intelligence in environmental problem-solving. The developed tools were applied in guided research activities using real and simulated data, alongside additional digital sources, including En-ROADS, C-ROADS, Köppen Climate Explorer, Sea Level Calculator, Sea Level Rise Viewer, FutureEarth, and the IPCC WGI Interactive Atlas. Data on temperature, carbon dioxide concentration, precipitation, deforestation, and other factors were analysed, and their potential effects on biodiversity and wetland ecosystem functioning were compared across different scenarios. The results were presented through graphical displays and presentations, supported by argument-based discussions. A special value of this approach was reflected in the ability to change parameters, observe the consequences of different scenarios, and propose new parameters and content for the further development of the tools. The application of digital simulations and interactive content enabled the understanding of complex interrelationships between climate, hydrological, and ecological factors that are difficult to observe directly in a natural environment. Such an approach stimulated active research, data interpretation, scenario comparison, critical thinking, and conclusion-making. Furthermore, the developed tools offer an opportunity to link climate change learning with a specific local ecosystem, contributing to raising awareness about the need to preserve Kopački Rit and other sensitive wetlands.

Key words: biodiversity, climate change, critical thinking, digital tools, inquiry-based learning, Kopački rit, simulation, wetland ecosystem

Hranidbeni prozor vodenih ptica u poplavnom pulsu: Teorijski okvir za procjenu iz satelitskih snimki

TAMARA ĐERĐ[1], DOMAGOJ K. HACKENBERGER[2], JANA ZADRO[1]*, BRANIMIR K. HACKENBERGER[1]

[1] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek (*student)
[2] Institut Ruđer Bošković, Bijenička cesta 54, Zagreb

Dopisni autor: janazadro@gmail.com

Sažetak

Poplavni puls određuje dostupnost hrane za vodene ptice močvarnih staništa poput Kopačkog rita. Za ptice močvarice presudna nije najveća površina vode, nego površina plitke vode u pravo vrijeme. Pri povlačenju vode plijen ostaje u sve manjim lokvama, pa njegova gustoća raste i nastaje kratkotrajan hranidbeni prozor. Javno dostupne satelitske snimke (Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat) omogućuju praćenje plavljenja, ali nije jasno mogu li zabilježiti tako kratke događaje. Cilj ovog rada je prikazati teorijski okvir koji povezuje dinamiku povlačenja vode, dostupnost hrane za pojedine skupine ptica i mogućnost praćenja tih procesa iz satelita. Niz satelitskih karata vodene površine, povezan s vodostajem, daje hipsometrijsku krivulju poplavnog područja i površinu vode svakog raspona dubine. Hranidbene skupine (patke plovke, šljukarice, čaplje i rode) se razlikuju po rasponu dubina u kojem love, pa svaka ima vlastitu dostupnu površinu. Gustoća plijena raste sa smanjenjem vodene površine i opada zbog isušivanja i izlova, a unos hrane opisuje funkcionalni odgovor tipa II. Usporedbom dostupne energije s alometrijski određenim dnevnim potrebama ptica dobiva se kapacitet staništa u ptica-danima. Vjerojatnost da satelit propusti hranidbeni prozor se izvodi iz trajanja prozora, razmaka snimanja i učestalosti naoblake. Okvir postavlja hipoteze kako postoji brzina povlačenja vode pri kojoj je kapacitet staništa najveći, da se hranidbeni prozori skupina vremenski slijede od dublje prema plićoj vodi te da velika poplava ne koristi gnijezdećim pticama ako se prozor ne poklapa s razdobljem hranjenja mladih. Optički sateliti ne mogu pouzdano zabilježiti prozore kraće od razmaka između snimki bez naoblake, a radarske snimke taj rizik smanjuju, osim ispod krošanja poplavne šume. Okvir se može ilustrirati sintetičkim hidrogramima i kasnije provjeriti stvarnim snimkama i cenzusima ptica.

Ključne riječi: vodene ptice, poplavni puls, daljinska istraživanja, Sentinel, hranidbena ekologija, Kopački rit

Foraging window of waterbirds in the flood pulse: A theoretical framework for assessment from satellite imagery

TAMARA ĐERĐ[1], DOMAGOJ K. HACKENBERGER[2], JANA ZADRO[1]*, BRANIMIR K. HACKENBERGER[1]

[1] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia (*student)
[2] Ruđer Bošković Institute, Bijenička cesta 54, Zagreb, Croatia

Corresponding author: janazadro@gmail.com

Abstract
The flood pulse determines food availability for waterbirds in wetlands such as Kopački rit. For wading birds, the key factor is not the maximum extent of water but the extent of shallow water at the right time. As water recedes, prey becomes trapped in shrinking pools, its density increases, and a short foraging window emerges. Publicly available satellite imagery (Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat) allows flooding to be monitored, but it is unclear whether such short events can be captured. The aim of this study is to present a theoretical framework linking water recession dynamics, food availability for bird foraging guilds and the potential to monitor these processes from satellites. Satellite water masks linked to water levels yield the floodplain hypsometric curve and hence the area within each depth range. Foraging guilds (dabbling ducks, shorebirds, herons and storks) differ in the depth range in which they forage, so each has its own accessible area. Prey density increases as water area shrinks and decreases through desiccation and predation, and food intake follows a type II functional response. Comparing available energy with allometrically scaled daily energy requirements gives habitat carrying capacity in bird-days. The probability that a satellite misses the foraging window is derived from window duration, revisit interval and cloud cover frequency. The framework proposes that there is a recession rate that maximises carrying capacity, that guild foraging windows follow each other from deeper to shallower water, and that a large flood does not benefit breeding birds if the window does not coincide with chick rearing. Optical satellites cannot reliably capture windows shorter than the interval between cloud-free images, and radar imagery reduces this risk except beneath the canopy of flooded forest. The framework can be illustrated with synthetic hydrographs and later tested with real imagery and bird census data.

Key words: waterbirds, flood pulse, remote sensing, Sentinel, foraging ecology, Kopački rit

Arheološka istraživanja lokaliteta Stari grad u Voćinu

SRĐAN ĐURIČIĆ[1], VALENTINA ŠLJIVAC[2]

[1] Zavičajni muzej Slatina, Ante Kovačića 1, Slatina
[2] Javna ustanova „Park prirode Papuk“, Trg Gospe Voćinske 11, Voćin

Dopisni autor: valentina.sljivac@pp-papuk.hr

Sažetak

Stari grad Voćin smješten je na istaknutoj uzvisini u središtu naselja Voćin, na 299,99 metara n/v. Zahvaljujući strateškom položaju i povezanosti s dolinom rijeke Voćinke i ostalim vodotocima, Voćin je kroz povijest predstavljao važno prometno i komunikacijsko sjecište putova. Utvrda je imala značajnu obrambenu ulogu no njezina struktura i razvoj donedavno su bili gotovo potpuno nepoznati. Poticanje prvih arheoloških istraživanja započelo je 2023.godine na inicijativu Zavičajnog muzeja Slatina u suradnji s Parkom prirode Papuk i Općinom Voćin. Prva terenska istraživanja provedena su 2024. godine u okviru programa “Probna istraživanja, terenski pregled i snimanje utvrde Stari grad Voćin“ uz financijsku potporu Ministarstva kulture i medija Republike Hrvatske i Općine Voćin. Na zapadnom dijelu utvrde otvorene su dvije arheološke sonde, istraživanja su nastavljena 2025. godine te su u planu i za 2026.godinu. Rezultati istraživanja potvrdili su složenost lokaliteta i njegov značajan arheološki potencijal. Uz sačuvani dio kule i tri masivna kontrafora utvrđene su strukture koje upućuju na postojanje obrambenih i drugih građevinskih elemenata. Pronađen je dio masivnog obrambenog bedema, zidana struktura, brojni ulomci keramike, životinjskih kostiju i građevinskog materijala. Dosadašnja istraživanja potvrđuju velik arheološki potencijal Starog grada Voćina. Rezultati istraživanja omogućuju bolje razumijevanje razvoja i organizacije utvrde. Istodobno stvaraju temelje za njezinu zaštitu i sanaciju vidljivih dijelova, buduću prezentaciju kao i za razvoj kulturnog turizma na području Voćina.

Ključne riječi: Stari grad Voćin, arheološka istraživanja, srednjovjekovna utvrda, fortifikacijska arhitektura, kulturna baština, zaštita i prezentacija lokaliteta

Archaeological research at the Old Town Voćin

SRĐAN ĐURIČIĆ[1], VALENTINA ŠLJIVAC[2]

[1] Slatina Heritage Museum, Ante Kovačića 1, Slatina, Croatia
[2] Public Institution Papuk Nature Park, Trg Gospe Voćinske 11, Voćin, Croatia

Corresponding author: valentina.sljivac@pp-papuk.hr

Abstract
The Old Town Voćin is situated on a prominent elevation in the center of the settlement of Voćin, at an altitude of 299.99 meters above sea level. Thanks to its strategic location and connections to the Voćinka River valley and other watercourses, Voćin historically served as an important transportation and communication hub. The fortress played a significant defensive role, yet its structure and development remained largely unknown until recently. The first archaeological investigations were initiated in 2023 through the efforts of the County Museum of Slatina, in cooperation with Papuk Nature Park and the Municipality of Voćin. Fieldwork began in 2024 as part of the program "Trial Excavations, Field Survey, and Documentation of the Stari Grad Voćin Fortress," with financial support from the Ministry of Culture and Media of the Republic of Croatia and the Municipality of Voćin. Two archaeological test trenches were opened in the western section of the fortress; research continued in 2025 and is also planned for 2026. The research results have confirmed the site's complexity and significant archaeological potential. In addition to a preserved section of a tower and three massive buttresses, structures indicating the presence of defensive and other architectural elements were identified. The finds include a section of a massive defensive rampart, a masonry structure, and numerous fragments of pottery, animal bones, and building materials. Research to date confirms the great archaeological potential of the Stari Grad Voćin. The research results provide a better understanding of the fortress's development and organization. At the same time, they provide the foundation for its preservation, the restoration of surviving structures and its future presentation, as well as for the development of cultural tourism in the Voćin area.

Key words: Old Town Voćin, archaeological research, medieval fortress, fortification architecture,cultural heritage, site preservation and presentation

Kombinirani pristup uklanjanju stranih vrsta riba u Trećem maksimirskom jezeru

MATEJ ĐURIĆ[1], IVAN BENO[1], KARLA ĐINĐIĆ[1], MATEJ VUCIĆ[2], KARMELA ADŽIĆ[3], LANA JELIĆ[4], DUŠAN JELIĆ[1]

[1] BIOTA d.o.o., Maksimirska cesta 129/5, Zagreb, Braće Radića 128/A, Grubišno Polje
[2] Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Rooseveltov trg 6, Zagreb
[3] eDNAture d.o.o., Sinbuk 26, Zagreb
[4] Priroda grada Zagreb, Javna ustanova za upravljanje prirodnim vrijednostima Grada Zagreba, Maksimirski perivoj 1, Zagreb

Dopisni autor: matejduric5@gmail.com

Sažetak

Treće maksimirsko jezero predstavlja važan element vodenog sustava Parka Maksimir, a prisutnost stranih i potencijalno invazivnih vrsta riba predstavlja izazov za očuvanje prirodnih vrijednosti i upravljanje jezerskim ekosustavom.Cilj istraživanja bio je ukloniti strane i invazivne vrste riba te procijeniti koje su metode najpogodnije za njihovo uklanjanje. Istraživanje je provedeno tijekom tri terenska izlaska, 9. i 10. lipnja, 14. i 15. srpnja te 3. i 4. rujna 2026. godine. Za uklanjanje riba primijenjene su tri metode: elektroribolov, lov pridnenim mrežama i lov vršama. Elektroribolov je proveden iz čamca pomoću motornog i baterijskog stacionarnog elektroagregata . Uzorkovanje je obuhvatilo linijske transekte uz obalu cijelim opsegom jezera, dok je središnji dio jezera uzorkovan točkasto. Inventarizacijski elektroribolov proveden je na standardiziranim transektima duljine 100 m u trajanju od najmanje 20 minuta. Za obuhvat dubljih dijelova jezera korištene su jednostruke i trostruke pridnene mreže, dok su u plićim dijelovima korištene vrše. Inventarizacijski ribolov proveden je standardiziranim elektroribolovom i služio je za utvrđivanje prisutnosti i relativne brojnosti vrsta. U prvom izlasku zabilježene su tri vrste i 43 jedinke, u drugom tri vrste i 70 jedinki, a u trećem tri vrste i 85 jedinki. U trećoj inventarizaciji zabilježene su tri vrste u 85 jedinke. Sunčanica (*Lepomis gibbosus*) bila je najbrojnija u sva tri izlaska (95,3 %, 85,7 %, 85,9 %), a slijede ju grgeč (*Perca fluviatilis*) i bodorka (*Rutilus rutilus*). Iako su druga i treća inventarizacija bile slične prema broju zabilježenih vrsta, u trećoj su inventarizaciji ulovljene pretežno manje jedinke sunčanice. To upućuje na to da su nakon uklanjanja većih primjeraka njihovo mjesto zauzele manje jedinke, odnosno mlađi naraštaji, što pokazuje potrebu za nastavkom uklanjanja i praćenja populacije. Ukupnim uzorkovanjem, odnosno kombinacijom inventarizacijskog ribolova, elektroribolova, mreža i vrša, tijekom tri izlaska uzorkovano je ukupno 1879 jedinki u pet vrsta ihtiofaune. Sunčanica je izrazito dominirala ukupnim ulovom, s 1849 jedinki. Zabilježene su i druge strane vrste, među kojima su posebno značajne tri jedinke babuške (*Carassius gibelio*) te bijeli amur (*Ctenopharyngodon idella*). Rezultati pokazuju da je najpogodnija metoda za uklanjanje manjih vrsta i mlađi elektroribolov benzinskim agregatom, jer omogućuje aktivno pretraživanje plićih dijelova jezera i učinkovito hvatanje manjih jedinki. Za veće ribe prikladnije su mreže, dok je baterijski elektroribolov pogodniji za veće jedinke koje je potrebno ciljano izuzeti. Vršama se dodatno obuhvaćaju plići dijelovi jezera.

Stoga se kao najbolji pristup ne izdvaja jedna metoda za sve veličinske skupine, već kombinacija metoda, pri čemu izbor treba prilagoditi veličini riba i dijelu jezera koji se uzorkuje.

Ključne riječi: invazivne strane vrste, Maksimir, eradikacija, sunčanica, elektroribolov

Zahvala: Podaci korišteni u analizi su prikupljeni u sklopu projekta: "Uklanjanje invazivnih vrsta ihtiofaune u Trećem maksimirskom jezeru".

A combined approach to the removal of non-native fish species from the Third Maksimir Lake

MATEJ ĐURIĆ[1], IVAN BENO[1], KARLA ĐINĐIĆ[1], MATEJ VUCIĆ[2], KARMELA ADŽIĆ[3], LANA JELIĆ[4], DUŠAN JELIĆ[1]

[1] BIOTA d.o.o., Maksimirska cesta 129/5, Zagreb, Braće Radića 128/A, Grubišno Polje, Croatia
[2] University of Zagreb, Faculty of Science, Division of Biology, Rooseveltov trg 6, Zagreb, Croatia
[3] eDNAture d.o.o., Sinbuk 26, Zagreb, Croatia
[4] Nature of the City of Zagreb, Public Institution for the Management of Protected Areas of the City of Zagreb, Maksimirski perivoj 1, Zagreb, Croatia

Corresponding author: matejduric5@gmail.com

Abstract

The Third Maksimir Lake represents an important component of the aquatic system of Maksimir Park, while the presence of non-native and potentially invasive fish species poses a challenge to the conservation of natural values and the management of the lake ecosystem. The aim of this study was to remove non-native and invasive fish species and to assess which methods are most suitable for their removal. The study was conducted during three field surveys, on 9 and 10 June, 14 and 15 July, and 3 and 4 September 2026. Three methods were used for fish removal: electrofishing, bottom-set netting, and trapping with fyke nets. Electrofishing was carried out from a boat using motor-driven and battery-powered stationary electrofishing units. Sampling included linear transects along the entire shoreline, while the central part of the lake was sampled at individual points. Standardized electrofishing surveys were conducted along transects 100 m in length, with a minimum sampling duration of 20 minutes. Single- and triple-panel bottom-set nets were used to cover deeper parts of the lake, while fyke nets were used in shallower areas. Fish inventory surveys were conducted using standardized electrofishing and were used to determine species presence and relative abundance. During the first survey, three species and 43 individuals were recorded; during the second, three species and 70 individuals; and during the third, three species and 85 individuals. Pumpkinseed (*Lepomis gibbosus*) was the most abundant species in all three surveys, accounting for 95.3%, 85.7%, and 85.9% of the recorded individuals, respectively, followed by European perch (*Perca fluviatilis*) and roach (*Rutilus rutilus*). Although the second and third inventory surveys were similar in terms of the number of species recorded, the third survey yielded predominantly smaller pumpkinseed individuals. This suggests that following the removal of larger individuals, smaller individuals, i.e. younger age classes, became more prominent, indicating the need for continued removal efforts and population monitoring. Through the overall sampling effort, combining inventory surveys, electrofishing, netting, and fyke nets, a total of 1,879 individuals belonging to five fish species were sampled during the three field surveys. Pumpkinseed strongly dominated the total catch, with 1,849 individuals. Other non-native species were also recorded, including two individuals of Prussian carp (*Carassius gibelio*) and grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). The results indicate that electrofishing using a petrol-powered generator is the most suitable method for removing smaller fish and juveniles, as it enables active sampling of shallow areas of the lake and efficient capture of smaller individuals.

Nets are more suitable for larger fish, while battery-powered electrofishing is more appropriate for the targeted removal of larger individuals. Fyke nets additionally allow the sampling of shallow areas. Therefore, no single method can be identified as the most effective for all size classes; rather, the optimal approach is a combination of methods, with the choice of method adapted to fish size and the specific part of the lake being sampled.

Key words: invasive alien species, Maksimir; eradication, pumpkinseed, electrofishing

Acknowledgement: The data used in this study were collected as part of the project: "Uklanjanje invazivnih vrsta ihtiofaune u Trećem maksimirskom jezeru".

Zoološki vrt Osijek i Park prirode „Kopački rit“ u EAZA kampanji „Močvare za život“ 2026.-2027.

TATJANA ELEZ

Unikom d.o.o. Osijek, ZOO vrt Osijek, Tvrđavica 1, Osijek

Dopisni autor: tatjana.elez@unikom.hr

Sažetak

ZOO vrt Osijek je punopravni član najveće svjetske regionalne organizacije zooloških vrtova i akvarija EAZA, s više od 400 članova u Europi, zapadnoj Aziji i šire. Zajednička nam je filozofija da zoološki vrtovi i akvariji mogu i trebaju biti važna središta očuvanja životinjskih vrsta te da svi možemo dati najveći mogući doprinos zajedničkim radom kao mreža. Cilj EAZA-e je djelovati na građane i njihove političke predstavnike kako bi razumjeli i uključili se u očuvanje prirode. EAZA već četvrt stoljeća provodi zajedničke kampanje za podizanje svijesti i usmjeravanje sredstava prema rješavanju glavnih izazova očuvanja prirode. Ove godine tema kampanje je „Močvare za život“. Močvare su najugroženiji ekosustavi na svijetu, ali osiguravaju nam pitku vodu i ključne su za održavanje bioraznolikosti, otpornosti na klimatske promjene i ljudskih sredstava za život. Plamenci su glavni ambasadori očuvanja močvara tijekom kampanje „Močvare za život“. Prisutni su u otprilike dvije trećine institucija članica EAZA-e i predstavljaju ljepotu i krhkost močvara. Osim plamenca, močvarne vrste koje se često viđaju u institucijama članicama EAZA-e uključuju ribe, žabe, krokodile, kornjače, vidre, pelikane, pa čak i slonove! Međutim, kampanja je izvrsna prilika za isticanje raznolikosti močvarnih vrsta, od kukaca do debelokožaca prikazujući ekološko bogatstvo za poruke i aktivnosti očuvanja. ZOO Osijek je odlučio sudjelovati u ovoj kampanji sa svojim dugogodišnjim partnerom Javnom ustanovom Park prirode „Kopački rit“, jedno je od najbolje očuvanih poplavnih područja u Europi, a Posebni zoološki rezervat najvrjedniji je dio Parka.Početkom ove godine zajednički smo obilježili Svjetski dan vlažnih staništa u Parku prirode „Kopački rit“, što je ujedno i službeni početak kampanje. Predstavljena je učenicima osnovne škole Bilje, dok je u svibnju veliku pozornost javnosti privukla edukacija povodom Dana riječnih kornjača. Misija kampanje je iskoristiti stručnost, iskustvo, doseg i strast EAZA zajednice za prikupljanje sredstava, edukaciju, osnaživanje i inspiriranje akcija za zaštitu, obnovu i stvaranje močvara sa svom njihovom bioraznolikošću. Ciljevi kampanje su podići svijest javnosti o važnosti močvara i složenosti zaštite, zatim poticati poboljšanje korištenja/upravljanja vodom, smanjenje štetnih kemikalija, povećanje močvara na licu mjesta i korištenje rješenja temeljenih na prirodi unutar institucija članica EAZA-e. Edukacijama želimo uključiti javnost u praćenje bioraznolikosti močvara na našem području.

Ključne riječi: EAZA, kampanja, močvarna područja, edukacija

Osijek ZOO and Kopački rit Nature Park in the EAZA campaign „Wetlands for Life“ 2026–2027

TATJANA ELEZ

Unikom Ltd. Osijek, ZOO Osijek, Tvrđavica 1, Osijek, Croatia

Corresponding author: tatjana.elez@unikom.hr

Abstract

Osijek Zoo is a full member of EAZA, the world's largest regional organization of zoos and aquariums, comprising over 400 members across Europe, Western Asia, and beyond. We share the philosophy that zoos and aquariums can and should serve as vital centers for species conservation, and that we can all make the greatest possible contribution by working together as a network. EAZA aims to engage citizens and their political representatives, encouraging them to understand and participate in nature conservation. For a quarter of a century, EAZA has been conducting joint campaigns to raise awareness and channel funds toward addressing major nature conservation challenges. This year, the campaign theme is „Wetlands for Life“. Wetlands are the most threatened ecosystems in the world, yet they provide us with drinking water and are crucial for maintaining biodiversity, climate resilience, and human livelihoods. Flamingos are the key ambassadors for wetland conservation during the „Wetlands for Life“ campaign. They are present in approximately two-thirds of EAZA member institutions and embody the beauty and fragility of wetlands. Beyond flamingos, wetland species frequently seen in EAZA member institutions include fish, frogs, crocodiles, turtles, otters, pelicans, and even elephants! However, the campaign offers an excellent opportunity to highlight the diversity of wetland species, from insects to pachyderms, showcasing this ecological richness to support conservation messaging and activities. Osijek Zoo decided to participate in this campaign alongside its long-standing partner, the Public Institution Kopački rit Nature Park; as it is one of Europe's best-preserved floodplain areas, with its Special Zoological Reserve representing the most valuable part of the park. Earlier this year, we jointly marked World Wetlands Day at Kopački rit Nature Park, an event that also served as the official launch of the campaign, which was presented to students from Bilje Elementary School, while an educational event held for River Turtle Day in May attracted significant public attention. The campaign's mission is to leverage the expertise, experience, reach, and passion of the EAZA community to raise funds, educate, empower, and inspire action for the protection, restoration, and creation of wetlands and their biodiversity. The campaign aims to raise public awareness regarding the importance of wetlands and the complexities of their conservation, while also encouraging improved water use and management, the reduction of harmful chemicals, the expansion of on-site wetlands, and the implementation of nature-based solutions within EAZA member institutions. Through educational initiatives, we aim to engage the public in monitoring wetland biodiversity in our local area.

Key words: EAZA, campaign, wetlands, education

Kako okolišni čimbenici oblikuju zajednice maločetinaša (Oligochaeta) u gorskim i prigorskim potocima Hrvatske?

VIKTORIJA ERGOVIĆ[1], MIRAN KOH[1], NATALIJA VUČKOVIĆ[2], ZLATKO MIHALJEVIĆ[2]

[1] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek
[2] Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Rooseveltov trg 6, Zagreb

Dopisni autor: viktorija.ergovic@biologija.unios.hr

Sažetak

Gorski i prigorski potoci dinamični su slatkovodni ekosustavi oblikovani djelovanjem nadmorske visine, hidrologije i lokalnih okolišnih čimbenika. Iako se skupina Oligochaeta često povezuje s vodama bogatim organskim tvarima i često se koristi kao pokazatelj antropogenog utjecaja, Oligochaeta također čine važan dio zajednice u očuvanim sustavima gorskih i prigorskih potoka. Unatoč tome što se često pojavljuju s manjim brojem jedinki u usporedbi s drugim skupinama bentičkih makrobeskralješnjaka, mogu pokazivati visoku taksonomsku i ekološku raznolikost, što ih čini vrijednom, a i još uvijek nedovoljno istraženom skupinom gorskih i prigorskih potoka. Istraživanje je obuhvatilo analizu raznolikosti, brojnosti i rasprostranjenosti zajednice Oligochaeta u odnosu na okolišne čimbenike u gorskim i prigorskim potocima Hrvatske. Uzorci makrobeskralježnjaka prikupljeni su ručnom bentos mrežom (veličina oka 500 µm) u 14 potoka na tri planine: Papuku, Psunju i Medvednici te dva razreda nadmorske visine tijekom tri sezone (ljeto 2020., proljeće i jesen 2021.). Na terenu su mjereni standardni fizikalni, kemijski i hidromorfološki parametri: temperatura vode, zasićenost kisikom, saturacija, električna vodljivost, tvrdoća vode, dubinu uzorkovanja, brzinu strujanja i širinu korita. Uz to, razmatrani su i nadmorska visina, ekspozicija padine te zasjenjenost lokaliteta. Jedinke Oligochaeta bile su prisutne u 552 uzorka, pri čemu je utvrđeno 36 svojti te 26 vrsta. Jedinke iz porodica Lumbriculidae bile su dominantne, a vrsta *Stylodrilus heringianus* je osobito brojna na Papuku (36,92%) i Psunju (14,52%). Na Medvednici je porodica Lumbriculidae (39,38%) također bila najzastupljenija, slijedi Nais sp. (Naididae) (15,99%) i jedinke iz porodice Lumbricidae (14,61%). Lokaliteti na nižim nadmorskim visinama bilježili su veću brojnost jedinki, dok je opadala s porastom nadmorske visine. Prema Shannonovom indeksu raznolikosti, najveća raznolikost zabilježena je na lokalitetu Bijela (H'=2,057) te na lokalitetu Veličanka (H'=2,023). Analiza redundancije (RDA) pokazala je da su temperatura vode, zasićenost kisikom, električna vodljivost, nadmorska visina, dubina uzorkovanja i ekspozicija padine značajni okolišni čimbenici koje utječu na rasprostranjenost zajednice. Rezultati pokazuju da su u većem broju bile prisutne porodice koje se češće javljaju u manje organski opterećenim vodama. Jedinke iz skupine Oligochaeta čine raznolike zajednice u različitim staništima gorskih i prigorskih potoka te reagiraju na promjene mnogih okolišnih čimbenika. S obzirom na nedostatak istraživanja ove zajednice u gorskim i prigorskim potocima, osobito na području Hrvatske, potrebna su daljnja istraživanja njihova sastava i rasprostranjenosti kako bi se bolje razumjele njihove ekološke preferencije i uloga u očuvanim slatkovodnim ekosustavima. Takva istraživanja mogu značajno pridonijeti boljem poznavanju i praćenju bioraznolikosti gorskih i prigorskih potoka te razumijevanju ekoloških procesa koji oblikuju njihove zajednice.

Ključne riječi: bioraznolikost, slatkovodni ekosustavi, Papuk, Psunj, Medvednica

What drives Oligochaeta assemblage structure in mountain streams?

VIKTORIJA ERGOVIĆ[1], MIRAN KOH[1], NATALIJA VUČKOVIĆ[2], ZLATKO MIHALJEVIĆ[2]

[1] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia
[2] University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Biology, Horvatovac 102a, Zagreb, Croatia

Corresponding author: viktorija.ergovic@biologija.unios.hr

Abstract

Mountain streams are dynamic freshwater ecosystems shaped by complex interactions between altitude, topography, hydrology, and local environmental conditions. Although Oligochaeta are frequently associated with organically enriched or polluted waters and are commonly used as indicators of environmental disturbance, they are also an important component of pristine and relatively undisturbed mountain-stream communities. Even though they often occur at lower abundances than other macroinvertebrate groups, Oligochaeta can exhibit considerable taxonomic and ecological diversity, making them a valuable yet underexplored component of mountain-stream ecosystems. This study investigated the diversity, abundance, and environmental distribution of Oligochaeta in mountain streams in Croatia. We collected macrozoobenthos samples using a 500 µm mesh hand net from 14 streams on three mountains: Papuk, Psunj, and Medvednica, at two altitude classes across three seasons (summer 2020; spring and autumn 2021). Standard physical, chemical and hydromorphological parameters were measured in situ, including water temperature, dissolved oxygen concentration and saturation, conductivity, water hardness, sampling stream depth, flow velocity, and streambed width. In addition, altitude, mountain exposure, and shading of sampling sites were considered as environmental variables. A total of 552 samples were analysed, from which 36 Oligochaeta taxa representing 26 species were identified. Lumbriculidae was the dominant family, with *Stylodrilus heringianus* being particularly abundant on Papuk (36.92%) and Psunj (14.52%). On Medvednica, Lumbriculidae (39.38%) was the most dominant group, followed by Nais sp. (Naididae) (15.99%) and Lumbricidae (14.61%). Lower-altitude sites generally supported higher individual abundances, whereas abundance decreased at higher altitudes. According to the Shannon diversity index, the highest spring diversity was recorded at the higher-altitude Bijela site (H' = 2.057) and the lower-altitude Veličanka site (H' = 2.023). Redundancy analysis revealed that water temperature, oxygen saturation, conductivity, altitude, sampling depth, and mountain exposure were significant environmental variables influencing Oligochaeta distribution. Our results demonstrate that Oligochaeta form diverse communities across contrasting mountain stream habitats and respond to multiple environmental gradients. Given the scarcity of studies on mountain-stream Oligochaeta, particularly in Croatia, frequent sampling and extensive datasets are needed to better understand their distribution, ecological preferences, and role in freshwater ecosystems, highlighting the importance of continued research on Oligochaeta for understanding and monitoring mountain stream biodiversity.

Key words: freshwater ecology, biodiversity, Papuk, Psunj, Medvednica

Primjena bespilotnih letjelica u praćenju razvoja fitoplanktona Biljskog jezera

FRAN FIŠER[1]*, LOVRO ŠILOVIĆ[2], TANJA ŽUNA PFEIFFER[1], FILIP STEVIĆ[1], DUBRAVKA ŠPOLJARIĆ MARONIĆ[1], MATEJ ŠAG[1], IVANA TURKOVIĆ ČAKALIĆ[1], NIKOLINA BEK[1]

[1] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek (*student)
[2] AEROMONITOR, Obrt za marketing i usluge, Sljemenska ulica 15, Osijek

Dopisni autor: fran.fiser@biologija.unios.hr

Sažetak

Klimatske promjene i različite ljudske djelatnosti i aktivnosti ugrožavaju vodene ekosustave te utječu na dinamiku razvoja biotičkih zajednica. Posebno važan čimbenik predstavlja unos hranjivih tvari, osobito dušika i fosfora, čije povećane koncentracije mogu dovesti do eutrofikacije i intenzivnijeg razvoja fitoplanktona. Fitoplankton, koji obuhvaća alge i cijanobakterije, važna je sastavnica vodenih hranidbenih mreža te ima značajnu ulogu u primarnoj produkciji i kruženju tvari. Promjene u njegovoj biomasi i sastavu mogu stoga ukazivati na promjene trofičkog statusa i ekološkog stanja vodenih ekosustava. Standardni monitoring fitoplanktona temelji se na terenskom uzorkovanju i mikroskopskoj identifikaciji vrsta, što omogućuje detaljnu procjenu sastava i brojnosti zajednica, ali je vremenski zahtjevan. Primjena bespilotnih letjelica opremljenih multispektralnim kamerama pruža mogućnost brzog i prostorno detaljnog praćenja promjena na površini vodenih tijela te procjene parametara povezanih s razvojem fitoplanktona. Stoga je cilj ovog istraživanja procijeniti potencijal primjene bespilotnih letjelica i multispektralnog snimanja kao dopune standardnim metodama praćenja stanja jezerskih ekosustava. Istraživanje se provodi u okviru studentskog projekta na području Stare Drave (Biljsko jezero), u blizini mjesta Bilje. Jezero zauzima površinu od približno 56 ha, a koristi se za rekreaciju, sportske aktivnosti i ribolov. Uzorkovanje i snimanje provode se tjednom dinamikom od početka rujna, a istraživanje je planirano do kraja listopada 2026. godine. Za praćenje fizikalno-kemijskih parametara vode, sadržaja ukupno suspendiranih i hranjivih tvari, koncentracije klorofila u vodi te uzorkovanje fitoplanktona u svrhu kvalitativne i kvantitativne analize, odabrane su dvije postaje, smještene u rubnom i središnjem dijelu jezera. Tijekom prvog provedenog istraživanja dubina vode bila je manja od 2 m, a prozirnost vode iznosila je približno 0,5 m. Koncentracija otopljenog kisika bila je veća od 5 mg/L, pH vrijednost 8.97, a električna provodljivost 571 µS/cm. Svi prethodno navedeni parametri, pratit će se tijekom cijelog razdoblja istraživanja kako bi se dobio uvid u promjene ekoloških uvjeta i dinamiku razvoja fitoplanktona. Istraživano područje snimljeno je bespilotnom letjelicom DJI Mavic 3 Multispectral, pri čemu će se dobiveni snimci koristiti za izračun odabranih spektralnih indeksa i njihovu usporedbu s izmjerenim koncentracijama klorofila-a i podacima o biomasi fitoplanktona. Dobiveni rezultati pridonijet će boljem razumijevanju mogućnosti primjene bespilotnih sustava kao dopune standardnim metodama monitoringa slatkovodnih ekosustava.

Ključne riječi: multispektralno snimanje, spektralni indeksi, alge, cijanobakterije, monitoring voda

Application of unmanned aerial vehicles in monitoring phytoplankton development in Lake Bilje

FRAN FIŠER[1]*, LOVRO ŠILOVIĆ[2], TANJA ŽUNA PFEIFFER[1], FILIP STEVIĆ[1], DUBRAVKA ŠPOLJARIĆ MARONIĆ[1], MATEJ ŠAG[1], IVANA TURKOVIĆ ČAKALIĆ[1], NIKOLINA BEK[1]

[1] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia (*student)
[2] AEROMONITOR, Marketing and Services Trade, Sljemenska ulica 15, Osijek, Croatia

Corresponding author: fran.fiser@biologija.unios.hr

Abstract

Climate change and various human activities threaten aquatic ecosystems and affect the dynamics of biotic community development. A particularly important factor is nutrient input, especially nitrogen and phosphorus, whose increased concentrations can lead to eutrophication and more intense phytoplankton development. Phytoplankton, comprising algae and cyanobacteria, is an important component of aquatic food webs and plays a significant role in primary production and matter cycling. Changes in its biomass and composition can therefore indicate changes in the trophic status and ecological condition of aquatic ecosystems. Standard phytoplankton monitoring is based on field sampling and microscopic species identification, which allows a detailed assessment of community composition and abundance but is time-consuming. The use of unmanned aerial vehicles equipped with multispectral cameras offers the possibility of rapid and spatially detailed monitoring of changes on water body surfaces, as well as the assessment of parameters related to phytoplankton development. The aim of this study is therefore to evaluate the potential of unmanned aerial vehicles and multispectral imaging as a complement to standard methods for monitoring the condition of lake ecosystems. The research is being carried out within a student project in the area of Lake Bilje, near the village of Bilje. The lake covers an area of approximately 56 ha and is used for recreation, sports, and fishing. Sampling and imaging are carried out on a weekly basis starting from early September, with the research planned to run until the end of October 2026. Two sampling stations, located at the lake's edge and in its central part, were selected for monitoring physicochemical water parameters, total suspended solids and nutrient content, chlorophyll concentration in the water, and phytoplankton for qualitative and quantitative analysis. During the first survey, water depth was less than 2 m, and water transparency was approximately 0.5 m. Dissolved oxygen concentration was above 5 mg/L, pH was 8.97, and electrical conductivity was 571 µS/cm. All these parameters will be monitored throughout the research period to provide insight into changes in ecological conditions and the dynamics of phytoplankton development. The study area was imaged using a DJI Mavic 3 Multispectral unmanned aerial vehicle, with the resulting images to be used to calculate selected spectral indices and compare them with measured chlorophyll-a concentrations and phytoplankton biomass data. The results obtained will contribute to a better understanding of the potential of unmanned aerial systems as a complement to standard monitoring methods for freshwater ecosystems.

Key words: multispectral imaging, spectral indices, algae, cyanobacteria, water monitoring

Pojavnost afričke svinjske kuge u populaciji divljih svinja na području Parka prirode „Kopački rit“

TIHOMIR FLORIJANČIĆ[1], IVO BAŠIĆ[2], VLATKO ROŽAC[2]

[1] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Ulica Vladimira Preloga 1, Osijek
[2] Javna ustanova „Park prirode Kopački rit“, Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Bilje

Dopisni autor: tflorijanc@fazos.hr

Sažetak

Afrička svinjska kuga (ASK) kontagiozna je zarazna bolest domaćih i divljih svinja koju karakterizira hemoragijska groznica, a smrtnost može doseći 100%. Prvi slučajevi ASK-a u Republici Hrvatskoj potvrđeni su 26. lipnja 2023. u domaćih te 5. srpnja 2023. u divljih svinja na području Vukovarsko-srijemske županije. Provedbom mjera suzbijanja i iskorjenjivanja širenje bolesti je usporeno, no virus se nastavio održavati u populaciji divljih svinja, uz povremena izbijanja u domaćih svinja. Tijekom 2025. godine ponovno je zabilježeno intenzivnije širenje bolesti. Nakon početnog širenja u Vukovarsko-srijemskoj županiji, težište epizootije premjestilo se prema Osječko-baranjskoj županiji. Do kraja listopada 2025. potvrđene su 353 pozitivne divlje svinje i 44 pozitivna objekta s domaćim svinjama. Pozitivne divlje svinje utvrđene su i na području Parka prirode „Kopački rit“ te okolnih lovišta uz Dunav. Kopački rit predstavlja specifično epizootiološko područje zbog velikog i povezanog močvarnog staništa pogodnog za divlju svinju, kao i položaja uz Dunav i državnu granicu sa Srbijom. U srpnju 2025. donesena je Naredba o smanjenju brojnog stanja divljači, kojom je u zoni ograničenja III naređeno izlučivanje divljih svinja, dok je izvan te zone brojnost trebalo smanjiti na 10 % matičnog fonda. Mjere su obuhvatile i lovišta unutar Parka, dok je u Posebnom zoološkom rezervatu lov iznimno odobren temeljem Programa zaštite divljači. Od početka provedbe mjera odstrijeljeno je ukupno 53 divlje svinje, od kojih je 6 bilo pozitivno na virus ASK-a, dok je pronađeno 15 uginulih divljih svinja, pri čemu su sve bile pozitivne. Može se zaključiti da su tijekom 2025. godine Kopački rit i okolna lovišta predstavljali jedno od područja pojavnosti ASK-a u populaciji divljih svinja u Osječko-baranjskoj županiji. Specifične ekološke i prostorne značajke područja zahtijevaju kontinuirano praćenje, pravodobnu dijagnostiku te usklađivanje mjera gospodarenja divljači, zaštite prirode i veterinarskog nadzora.

Ključne riječi: afrička svinjska kuga, divlja svinja, lov, Program zaštite divljači

Occurrence of African swine fever in wild boar population in Kopački rit Nature Park area

TIHOMIR FLORIJANČIĆ[1], IVO BAŠIĆ[2], VLATKO ROŽAC[2]

[1] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciencse Osijek, Ulica Vladimira Preloga 1, Osijek, Croatia
[2] Public Institution Kopački rit Nature Park, Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Bilje, Croatia

Corresponding author: tflorijanc@fazos.hr

Abstract
African swine fever (ASF) is a contagious infectious disease of domestic and wild pigs characterized by hemorrhagic fever, with mortality rates reaching up to 100%. The first cases of ASF in the Republic of Croatia were confirmed on 26 June 2023 in domestic pigs and on 5 July 2023 in wild boar in Vukovar-Srijem County. Following the implementation of disease control and eradication measures, the spread of the disease was slowed; however, the virus has continued to persist in the wild boar population, with occasional outbreaks in domestic pigs. During 2025, a renewed intensification of disease spread was recorded. Following the initial spread in Vukovar-Srijem County, the epicenter of the epidemic shifted towards Osijek-Baranja County. By the end of October 2025, 353 ASF-positive wild boar and 44 positive holdings with domestic pigs had been confirmed. Positive wild boar were also detected within Kopački rit Nature Park and in the surrounding hunting grounds along the Danube. Kopački rit represents a specific epidemiological area due to its extensive and interconnected wetland habitat, which provides highly suitable conditions for wild boar, as well as its location along the Danube and the state border with Serbia. In July 2025, an Order on the Reduction of Game Population Numbers was adopted, requiring the removal of wild boar in Restriction Zone III, while outside this zone the population was to be reduced to 10% of the breeding stock. These measures also included hunting grounds within the Park, while hunting in the Special Zoological Reserve was exceptionally permitted under the Game Protection Programme. Since the implementation of these measures, a total of 53 wild boar have been culled, of which 6 tested positive for ASF virus, while 15 dead wild boar were found, all of which tested positive. It can be concluded that, during 2025, Kopački rit and the surrounding hunting grounds represented one of the areas with the occurrence of ASF in the wild boar population in Osijek-Baranja County. The specific ecological and spatial characteristics of the area require continuous surveillance, timely diagnosis, and coordinated implementation of wildlife management, nature conservation, and veterinary control measures.

Key words: African swine fever (ASF), wild boar, hunting, Game Protection Programme

Jačanje mjera otpornosti na klimatske promjene za zaštitu i restauraciju ekosustava u Spačvansko – bosutskom bazenu – RETFOR

IRENA FRANJIĆ[1], DANIJEL CESTARIĆ[2]

[1] Hrvatske šume d.o.o., Direkcija, Služba za EU projekte, Ulica kneza Branimira 1, Zagreb
[2] Hrvatske šume d.o.o., Uprava šuma Podružnica Vinkovci, Trg bana Josipa Šokčevića 20, Vinkovci

Dopisni autor: irena.franjic@hrsume.hr

Sažetak

Područje Spačvansko-bosutskog bazena koji se proteže kroz Hrvatsku i Srbiju najveći je kompleks šuma hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u ovom dijelu Europe. Zbog klimatskih promjena sve je izraženiji problem nedostatka vode što ugrožava zdravlje i prirodni razvoj šuma na području projekta. Kao odgovor na klimatske izazove nastao je projekt RETFOR čiji su vodeći partner Hrvatske šume s partnerima iz obje zemlje. Ukupna vrijednost projekta je 2.837.411,10 eura od čega su 85 % bespovratna sredstva EU iz Interreg IPA Programa prekogranične suradnje Hrvatska – Srbija 2021. – 2027. U sklopu projekta izradit će se Studija o bioraznolikosti bosutskih šuma koja će pružiti uvid u stanje staništa i ekoloških vrijednosti za bolje ublažavanje klimatskih promjena i Prethodna studija izvodljivosti za otpornost spačvanskih šuma na klimatske promjene i budući razvoj Centra za praćenje klimatskih promjena koja će biti temelj za donošenje odluka za nastavak održivog gospodarenja i upravljanja ovim vrijednim ekosustavom. Jedna od aktivnosti je uspostava zajedničkog prekograničnog sustava praćenja podzemnih voda kroz obnovu i modernizaciju mreže piezometara i postavljanje meteoroloških postaja u šumi koja je ključna za razumijevanje promjena izazvanih klimatskim promjenama. Rekonstrukcija pregrade kod Lipovca na rijeci Bosut u Hrvatskoj i rekonstrukcija ustave na rijeci Bosut u Srbiji doprinijet će stabilizaciji vlažnih staništa i poboljšati njihovu otpornost na sušu, te poboljšati uvjete za prirodnu obnovu šuma. Kontinuirano praćenje provodit će se u novom Centru za praćenje klimatskih promjena u zgradi šumarije Vrbanja na području UŠP Vinkovci. RETFOR će donijeti održiva rješenja usmjerena na očuvanje i prilagodbu šumskih ekosustava u ovom području.

Ključne riječi: prilagodba klimatskim promjenama, hrast lužnjak, šuma, EU projekt

Strengthening climate resilience measures for protection and revitalisation of ecosystems in the Spačva – Bosut basin – RETFOR

IRENA FRANJIĆ[1], DANIJEL CESTARIĆ[2]

[1] Croatian Forests Ltd., Directorate, Sector for EU Projects and Green Energy, Department for EU projects, Ulica kneza Branimira 1, Zagreb, Croatia
[2] Croatian Forests Ltd., Forest Department Vinkovci, Trg bana Josipa Šokčevića 20, Vinkovci, Croatia

Corresponding author: irena.franjic@hrsume.hr

Abstract
The Spačva-Bosut Basin area, which extends throught Croatia and Serbia, is the largest complex of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) forests in this part of Europe. Due to climate change, the problem of water shortages is becoming increasingly pronounced, which threatens the health and natural development of the forests in the project area. In response to climate challenges, the RETFOR project was created, the Lead partner of which is Hrvatske šume with partners from both countries. The total budget of the project is 2,837,411.10 euros, of which 85% are EU grants from the Interreg IPA Cross-Border Cooperation Program Croatia - Serbia 2021 - 2027. As part of the project, a Study on biodiversity of the Bosut forests will be developed, which will provide insight into the condition of the habitat and ecosystem services for better climate mitigation action, and a Pre-feasibility study for the Spačva forests climate resilience and Centre for climate change monitoring future development, which will serve as the basis for decision-making for the continuation of future sustainable management of this valuable ecosystem. One of the activities is the establishment of a joint cross-border groundwater monitoring system through the renovation and modernization of the piezometeric network and the installation of meteorological stations in the forest, which is essential for understanding the changes caused by climate change. The upgrading of the barrier at Lipovac on the Bosut River in Croatia and the reconstruction of the sluice on the Bosut River in Serbia will contribute to the stabilization of the water regime in lowlands and improve their drought resistance, as well as improve conditions for natural forest restoration. Continuous monitoring will be carried out at the new Centre for Climate Change Monitoring in the building of Vrbanja Forestry in the Forest Department Vinkovci. RETFOR will create sustainable solutions aimed at preserving and adapting forest ecosystems in this area.

Key words: climate change adaptation, pedunculate oak, forest, EU project

Jačanje prekograničnog kapaciteta za bolju klimatsku otpornost šumskih ekosustava naprednom procjenom, testiranjem i demonstracijom rješenja za obnovu ekosustava - REBIOFORESTS

IRENA FRANJIĆ[1], DANIJEL CESTARIĆ[2]

[1] Hrvatske šume d.o.o., Direkcija, Služba za EU projekte, Ulica kneza Branimira 1, Zagreb
[2] Hrvatske šume d.o.o., Uprava šuma Podružnica Vinkovci, Trg bana Josipa Šokčevića 20, Vinkovci

Dopisni autor: irena.franjic@hrsume.hr

Saţetak

Spačvansko-bosutski bazen, koji se proteže na području Hrvatske i Srbije, predstavlja jedno od najznačajnijih područja nizinskih šuma hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u ovom dijelu Europe. Ovi šumski ekosustavi imaju iznimnu ekološku i gospodarsku vrijednost te predstavljaju važna staništa brojnih biljnih i životinjskih vrsta. Istodobno, sve izraženiji utjecaji klimatskih promjena, kao i drugi pritisci na šumske ekosustave, nameću potrebu za primjenom novih pristupa u procjeni njihova stanja, obnovi i povećanju otpornosti. Projekt REBIOFORESTS, financiran u okviru programa Interreg VI-A IPA Hrvatska – Srbija 2021-2027**,** usmjeren je na jačanje prekograničnih kapaciteta za obnovu i povećanje otpornosti šumskih ekosustava Spačvansko-bosutskog bazena. U projektu, ukupne vrijednosti 1.655.501,66 EUR, vodeći partner su Hrvatske šume d.o.o., uz partnere JP Vojvodinašume, Hrvatski šumarski institut, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, te CEKOM Vinkovci. Provedbom projekta provest će se osnovna procjena stanja šumskih ekosustava objedinjavanjem podataka iz dosadašnjih istraživanja, terenskog praćenja te primjenom suvremenih tehnologija, uključujući satelitske i dron snimke. Na temelju prikupljenih podataka razvit će se zajednički Zeleni akcijski plan za unapređenje stanja i povećanje otpornosti šumskih ekosustava na klimatske promjene. Poseban naglasak stavljen je na provedbu pilot-aktivnosti obnove šumskih ekosustava primjenom novih rješenja, kao i na uspostavu prekogranične banke gena hrasta lužnjaka, čime se stvaraju temelji za očuvanje genetskih resursa i dugoročnu obnovu šuma. Projekt će rezultirati razvojem modela obnove šumskog ekosustava koji objedinjuje rezultate procjene stanja, pripremu i provedbu pilot-aktivnosti te smjernice za primjenu razvijenih rješenja u različitim šumskim ekosustavima. Uključivanjem relevantnih dionika, razmjenom znanja i iskustava te jačanjem prekogranične suradnje projekt doprinosi stvaranju dugoročnih kapaciteta za održivo upravljanje šumama i očuvanje njihove bioraznolikosti i funkcija u uvjetima klimatskih promjena.

Ključne riječi: obnova šuma, klimatska otpornost, hrast lužnjak, Spačvansko-bosutski bazen, banka gena

Strengthening cross – border capacity for better climate resilience of forest ecosystems by advanced assessment, testing and demonstrating solutions for ecosystem restoration REBIOFORESTS

IRENA FRANJIĆ[1], DANIJEL CESTARIĆ[2]

[1] Croatian Forests Ltd., Directorate, Sector for EU Projects and Green Energy, Department for EU Projects, Ulica kneza Branimira 1, Zagreb, Croatia
[2] Croatian Forests Ltd., Forest Department Vinkovci, Trg bana Josipa Šokčevića 20, Vinkovci, Croatia

Corresponding author: irena.franjic@hrsume.hr

Abstract

The Spačva-Bosut basin, spanning the territory of Croatia and Serbia, represents one of the most significant lowland pedunculate oak (*Quercus robur* L.) forest areas in this part of Europe. These forest ecosystems hold exceptional ecological and economic value and serve as vital habitats for numerous plant and animal species. At the same time, the increasingly pronounced impacts of climate change, along with other pressures on forest ecosystems, dictate the need for new approaches in assessing their condition, restoration, and resilience enhancement. The REBIOFORESTS project, funded under the Interreg VI-A IPA Croatia – Serbia 2021-2027 program, aims to strengthen cross-border capacities for the restoration and resilience enhancement of the forest ecosystems in the Spačva-Bosut basin. With a total value of EUR 1,655,501.66, the lead partner of the project is Hrvatske šume d.o.o., alongside partners JP Vojvodinašume, the Croatian Forest Research Institute, the Institute of Lowland Forestry and Environment, and the CEKOM Vinkovci. Through the implementation of the project, a baseline assessment of the forest ecosystems' condition will be conducted by consolidating data from previous research, field monitoring, and the application of modern technologies, including satellite and drone imagery. Based on the collected data, a joint Green Action Plan will be developed to improve the condition and increase the resilience of forest ecosystems to climate change. Special emphasis is placed on implementing pilot activities for forest ecosystem restoration using new solutions, as well as establishing a cross-border pedunculate oak gene bank, thereby laying the groundwork for preserving genetic resources and long-term forest restoration. The project will result in the development of a forest ecosystem restoration model that integrates the results of the status assessment, the preparation and implementation of pilot activities, and guidelines for applying the developed solutions to various forest ecosystems. By involving relevant stakeholders, exchanging knowledge and experience, and strengthening cross-border cooperation, the project contributes to building long-term capacities for sustainable forest management and preserving their biodiversity and functions under climate change conditions.

Key words: forest restoration, climate resilience, pedunculate oak, Spačva-Bosut basin, gene bank

Egzogena ferulična kiselina diferencijalno modulira fenolni sastav mikropovrća brokule u uvjetima redovitog zalijevanja i poplave

MARTA FRLIN, IVANA ŠOLA

Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Rooseveltov trg 6, Zagreb

Dopisni autor: marta.frlin@biol.pmf.unizg.hr

Sažetak

Poplava, kao tip abiotičkog stresa, može imati značajne negativne posljedice na rast, razvoj i prinos biljaka. Iako je poplava prirodna pojava, uslijed antropogenih utjecaja i klimatskih promjena očekuje se porast rizika od poplava te češći i intenzivniji stres biljaka. Biljni fenolni spojevi imaju brojne važne uloge u odgovoru na stres. U ovom istraživanju analiziran je utjecaj egzogene ferulične kiseline (FA; 1, 10 i 100 mg/L) na fenolni sastav mikropovrća brokule (*Brassica oleracea* var. *cymosa*) uzgojenog u uvjetima redovitog zalijevanja (RZ) i poplave (P). Egzogena FA nije utjecala na ukupne fenole u uvjetima RZ, dok je u uvjetima P povećala njihovu razinu pri svim primijenjenim koncentracijama. S druge strane, 1 mg/L FA i 100 mg/L FA povećali su razinu ukupnih fenolnih kiselina samo u uvjetima RZ. Ukupne hidroksicimetne kiseline, flavonoli i tanini nisu se značajno promijenili nakon tretmana s FA ni u uvjetima RZ niti u uvjetima P. Razina ukupnih proantocijanidina je bila povećana tretmanom sa 100 mg/L FA u uvjetima RZ, dok su je u uvjetima P povećale sve primijenjene koncentracije FA. U usporedbi s biljkama uzgojenim uz RZ, stres uzrokovan poplavom značajno je povećao razinu ukupnih fenola u biljkama tretiranim s 10 mg/L FA, ukupnih fenolnih kiselina u biljkama tretiranim sa 100 mg/L FA, ukupnih hidroksicimetnih kiselina u biljkama tretiranim s 1 mg/L FA i 10 mg/L FA, ukupnih flavonola u kontrolnim biljkama te onima tretiranim s 1 mg/L FA i 10 mg/L FA, kao i proantocijanidina u kontrolnim biljkama te onima tretiranim s 10 mg/L FA i 100 mg/L FA. Ovi rezultati pokazuju da i egzogena FA i stres uzrokovan poplavom moduliraju fenolni sastav mikropovrća brokule, pri čemu učinak egzogene FA snažno ovisi o uvjetima vlažnosti tla. Ovi rezultati ukazuju na ulogu egzogene FA u moduliranju metabolizma fenolnih spojeva te sugeriraju njezinu potencijalnu primjenu u ublažavanju stresa uzrokovanog poplavom u mikropovrću.

Ključne riječi: fenolni spojevi, ferulična kiselina, mikropovrće brokule, stres uzrokovan poplavom, tolerancija biljaka na stres

Exogenous ferulic acid differentially modulates phenolic composition of broccoli microgreens under regular watering and flooding conditions

MARTA FRLIN, IVANA ŠOLA

University of Zagreb, Faculty of Science, Division of Biology, Rooseveltov trg 6, Zagreb, Croatia

Corresponding author: marta.frlin@biol.pmf.unizg.hr

Abstract

Flooding, as a type of abiotic stress, can have severe consequences on plant growth, development and yield. Although flooding is a natural occurrence, anthropogenic effects and climate change are expected to increase flood risk leading to more frequent and severe plant stress. Plant phenolic compounds have multiple important roles in response to stress. This study investigated the effects of exogenous ferulic acid (FA; 1, 10 and 100 mg/L) on the phenolic composition of broccoli (*Brassica oleracea* var. *cymosa*) microgreens under regularly watered (RW) and flooded (F) conditions. While exogenous FA had no effect on total phenolics under RW, all applied concentrations increased them under F conditions. On the other hand, 1 and 100 mg/L FA increased the level of total phenolic acids only under RW. Total hydroxycinnamic acids, flavonols and tannins were not significantly affected by FA under either RW or F conditions. Total proanthocyanidins were markedly elevated by 100 mg/L FA under RW, whereas all applied concentrations increased their level under F. Compared to RW plants, F stress significantly increased total phenolics in 10 mg/L FA treated plants, total phenolic acids in 100 mg/L FA treated plants, total hydroxycinnamic acids in 1 mg/L FA and 10 mg/L FA treated plants, total flavonols in control, 1 mg/L FA and 10 mg/L FA treated plants and proanthocyanidins in control, 10 mg/L FA and 100 mg/L FA treated plants. These results demonstrate that both exogenous FA and F stress modulated the phenolic composition of broccoli microgreens, with the effect of exogenous FA being strongly dependent on soil water conditions. Overall, these findings indicate a role for exogenous FA in modulating stress-related phenolic compound metabolism, suggesting its potential application in mitigating flooding stress in microgreens.

Key words: broccoli microgreens, ferulic acid, flooding stress, phenolic compounds, plant stress tolerance

Dvojezična eko-slikovnica „Šuma moga djeda“ Miroslava File Baboka u funkciji održivoga razvoja

HANA FUNTAK[1], IRELLA BOGUT[1], ALMA ŠKUGOR[1], MONIKA MUŽAR-KOS[2]*

[1] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet za odgojne i obrazovne znanosti, Ulica cara Hadrijana 10, Osijek (*studentica doktorskog studija Obrazovne znanosti i perspektive obrazovanja)
[2] Osnovna škola Hinka Juhna, Područna škola Stipanovci, Hinka Juhna 8, Podgorač

Dopisni autor: monikakos52@gmail.com

Sažetak

Princip zavičajnosti jedan je od temeljnih metodičkih principa ranoga i predškolskoga odgoja i obrazovanja jer polazi od djetetu poznatog okruženja te omogućuje povezivanje novih spoznaja s neposrednim iskustvom. U radu se analizira edukativna, dvojezična eko-slikovnica „Šuma moga djeda“ Miroslava File Baboka u funkciji odgoja za okoliš i održivi razvoj. Cilj rada jest utvrditi potiče li slikovnica spoznavanje neposrednog okoliša, razumijevanje suživota čovjeka i šume, razvoj prirodoslovne pismenosti, prepoznavanje zavičajne prirodne baštine i odgovoran odnos prema prirodi. Provedena je kvalitativna analiza sadržaja edukativne dvojezične (hrvatski i ukrajinski jezik te hrvatski i engleski jezik) eko-slikovnice „Šuma moga djeda“, pri čemu su analizirani tekstualni i vizualni elementi, flora i fauna, biološka raznolikost, ekološki problemi, dvojezičnost, rječnik i metodička vrijednost slikovnice. Analiza je pokazala da slikovnica povezuje čitanje, ilustracije, pitanja, pojmovnik, dvojezični rječnik i popise prirodnih pojmova te omogućuje učenje o prirodi i za prirodu. Posebna vrijednost slikovnice očituje se u prikazu nizinskoga zavičaja, šume kao prostora obiteljskoga sjećanja, iskustvenoga učenja i odgovornog djelovanja. Slikovnica ujedno pridonosi razvoju zavičajnog identiteta jer djeci približava prirodne posebnosti njihova kraja te potiče osjećaj pripadnosti, poštovanja i brige za lokalnu prirodnu baštinu. Slikovnica pritom ne djeluje samo kao književni tekst, nego i kao poticaj za razgovor, promatranje, imenovanje, uspoređivanje i povezivanje dječjega iskustva s prirodnim okruženjem. Stoga je eko-slikovnica „Šuma moga djeda“ vrijedan poticaj za razvoj ekološke osjetljivosti, jezičnoga razvoja, ranoga učenja engleskoga jezika i odgojno-obrazovnoga rada s djecom rane i predškolske dobi. Rad je proizašao iz diplomskog rada prve autorice.

Ključne riječi: eko-slikovnica, dvojezični rječnik, zavičajnost, prirodoslovna pismenost, održivi razvoj

The bilingual eco-picture book „My Grandfather's Forest" by Miroslav File Babok in the context of sustainable development

HANA FUNTAK[1], IRELLA BOGUT[1], ALMA ŠKUGOR[1], MONIKA MUŽAR-KOS[2]*

[1] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Education, Ulica cara Hadrijana 10, Osijek, Croatia (*PhD student of the Doctoral Programme in Educational Sciences and Perspectives in Education)
[2] Elementary School Hinka Juhna, District School Stipanovci, Hinka Juhna 8, Podgorač, Croatia

Corresponding author: monikakos52@gmail.com

Abstract
The principle of local belonging is one of the fundamental methodological principles of early and preschool education because it starts from the child's familiar surroundings and enables new insights to be connected with direct experience. The paper analyses the educational bilingual eco-picture book „My Grandfather's Forest" by Miroslav File Babok in the function of education for the environment and sustainable development. The aim of the paper is to determine whether the picture book encourages learning about the immediate environment, understanding of the coexistence of humans and the forest, development of natural science literacy, recognition of local natural heritage, and a responsible attitude towards nature. A qualitative content analysis of the educational bilingual (Croatian and Ukrainian, and Croatian and English) eco-picture book „My Grandfather's Forest" was conducted, analysing textual and visual elements, flora and fauna, biodiversity, environmental problems, bilingualism, vocabulary, and the methodological value of the picture book. The analysis showed that the picture book connects reading, illustrations, questions, a glossary, a bilingual dictionary, and lists of natural science terms, and enables learning about nature and for nature. The special value of the picture book is reflected in its depiction of the lowland homeland, the forest as a space of family memory, experiential learning, and responsible action. The picture book also contributes to the development of local identity because it brings children closer to the natural particularities of their region and encourages a sense of belonging, respect, and care for local natural heritage. In this way, the picture book does not act only as a literary text but also as a stimulus for conversation, observation, naming, comparison, and linking children's experience with the natural environment. Therefore, the eco-picture book „My Grandfather's Forest" is a valuable stimulus for the development of ecological sensitivity, language development, early learning of English, and educational work with children of early and preschool age. The paper arose from the first author's master's thesis.

Key words: ecological picturebook, bilingual dictionary, local heritage, science literacy, sustainable development

Utjecaj željeza na fotosintetsku aktivnost u slatkovodnim zelenim algama *Parachlorella kessleri* i *Desmodesmus communis*: preliminarno istraživanje

ELENA GAZDEK*, LORENA CRNJAK*, JASENKA ANTUNOVIĆ DUNIĆ, VESNA PERŠIĆ

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek (*student)

Dopisni autor: vpersic@biologija.unios.hr

Sažetak

Željezo je esencijalni mikronutrijenti, ključan za fotosintetski transport elektrona, a također je i čest sastojak industrijskih otpadnih voda. Učinkovita fikoremedijacija stoga zahtijeva prisutnost algi koje dobro podnose povišene koncentracije željeza u vodi. U ovom preliminarnom istraživanju ispitivani su rast i fotosintetska aktivnost kultura slatkovodnih zelenih algi *Parachlorella kessleri* i *Desmodesmus communis* pri sedam koncentracija željeza u rasponu od 1,79 do 895 µM, što odgovara vrijednostima od 0,1 do 50 puta većoj koncentraciji željeza u standardnom hranjivom mediju (BBM). Kulture su uzgajane 17 dana, pri čemu je prirast praćen mjerenjem optičke gustoće na 680 nm (OD_{680}), a fluorescencija klorofila *a* izmjerena je na kraju eksperimenta u svim uzorcima. Specifična stopa rasta nije se značajno razlikovala u rasponu od 0,1 do 20 × Fe kod obje vrste (0,285 – 0,323 d^{-1} kod *P. kessleri* i 0,344 – 0,400 d^{-1} kod *D. communis*). Pri najnižoj koncentraciji željeza (0,1 × kontrolni medij) kod *P. kessleri* maksimalni kvantni prinos primarne fotokemije fotosustava II (φ_{Po}) bio je smanjen za 6,3 %, uz povišene amplitude L- i K-pojasa ($q < 0,007$). Stopa rasta u istom tretmanu bila je niža za 9,4 %, no ta razlika nije bila statistički značajna pri korištenoj razini ponavljanja. Kod *D. communis* nije utvrđen utjecaj nedostatka Fe. Rezultati su ukazali i na važno metodološko ograničenje. Naime, suvišak željeza iznad kapaciteta kelacije medija (134,3 µM) istaložio se i time pridonio optičkoj gustoći bez doprinosa fluorescenciji te je primjerice pri najvišoj koncentraciji ne fluorescirajući udio izmjerene optičke gustoće iznosio 53 % kod *P. kessleri* i 98 % kod *D. communis*. Kao rezultat toga, tri najviše dodane koncentracije razlikovale su se samo u nekeliranom Fe, pa se raspon tolerancije nije mogao ispitati prema planu. Prema tome, preliminarno istraživanje je pokazalo da fotosustav II reagira na ograničenje željeza, da je raspon željeza koji se može ispitati ograničen kemijom medija što izravno utječe na karakterizaciju doza-odgovor eksperimenata sa željezom jer istaloženo željezo nije biološki dostupno niti optički inertno. Stoga, budući eksperimenti trebaju kontrolirati omjer Fe i EDTA te potvrditi da optički signali gustoće i fluorescencije potječu od živih stanica.

Ključne riječi: fluorescencija klorofila *a*, JIP test, specifični prirast, fikoremedijacija

Effect of iron on photosynthetic activity in the freshwater green algae *Parachlorella kessleri* and *Desmodesmus communis*: preliminary study

ELENA GAZDEK*, LORENA CRNJAK*, JASENKA ANTUNOVIĆ DUNIĆ, VESNA PERŠIĆ

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia (*student)

Corresponding author: vpersic@biologija.unios.hr

Abstract

Iron is an essential micronutrient for photosynthetic electron transport and is also a common component of industrial wastewater. Effective phycoremediation therefore requires algae that tolerate elevated iron concentrations in water. This preliminary study examined the growth response and photosynthetic activity of cultures of the freshwater green algae *Parachlorella kessleri* and *Desmodesmus communis* to seven iron concentrations ranging from 1.79 to 895 µM, corresponding to 0.1 to 50 times the iron concentration of the standard growth medium (BBM). The cultures were grown for 17 days, during which growth was followed as optical density at 680 nm (OD_{680}), and chlorophyll *a* fluorescence was measured in all samples at the end of the experiment. The specific growth rate did not differ significantly over the range 0.1 to 20 × in either species (0.285–0.323 d^{-1} in *P. kessleri* and 0.344–0.400 d^{-1} in *D. communis*). At the lowest iron concentration (0.1 × control medium), in *P. kessleri* the maximum quantum yield of primary photochemistry (φPo) decreased by 6.3%, with elevated L- and K-band amplitudes ($q < 0.007$). The growth rate in the same treatment was 9.4% lower, but this difference was not statistically significant at the replication level used. No such response was recorded in *D. communis*. Iron in excess of the chelation capacity of the medium (134.3 µM) precipitated, and thereby contributed to optical density without contributing to fluorescence. At the highest concentration, the non-fluorescing fraction of the estimated optical density was 53% in *P. kessleri* and 98% in *D. communis*. As a result, the three highest added concentrations differed only in non-chelated Fe, so the tolerance range could not be examined as planned. Therefore, preliminary research has shown that photosystem II responds to iron restriction and that the range of iron that can be examined is limited by medium chemistry, which directly affects the characterization of dose-response experiments with iron because precipitated iron is not bioavailable or optically inert. Accordingly, future experiments should control the Fe-to-EDTA ratio and confirm that optical density and fluorescence signals originate from viable algal cells.

Key words: chlorophyll *a* fluorescence, JIP test, specific growth rate, phycoremediation

Od gospodarenja nanosom do regulacije rijeke temeljene na rješenjima iz prirode: Koncept umjetnog otoka na ušću Drave u Dunav

GORDON GILJA, ANTONIJA HARASTI

Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, Zavod za hidrotehniku, RISED Laboratorij, Fra Andrije Kačića-Miošića 26, Zagreb

Dopisni autor: gordon.gilja@grad.unizg.hr

Sažetak

Ušće rijeke Drave predstavlja vrlo dinamično prijelazno područje interakcije riječne morfologije, pronosa nanosa, zahtjevi plovidbe i očuvanja ekološke mreže unutar relativno ograničenog prostora. Neprekidna prihrana nanosom rijeke Drave, u kombinaciji s hidrauličkim utjecajem uspora znatno većeg Dunava pogoduje stalnom taloženju nanosa i stvaranju plitkih područja unutar plovnog puta te ograničenju korištenja rijeke za plovidbu. Aktualna istraživanja na predmetnoj lokaciji istražila su mogućnost utjecaja na morfodinamičke procese fleksibilnim mjerama uređenja rijeke, kao alternative oslanjanju na uklanjanje nanosa jaružanjem. Privremeno postavljanje teretne barže preko plitkog pješčanog spruda pokazalo je da „fleksibilna građevina" uvedena u tok može lokalno povećati brzinu vode i posmično naprezanje na dno te lokalno preraspodijeliti nanos. Numeričke i terenske analize pokazale su da je učinkovitost ove intervencije prvenstveno određena kontrakcijom protoka ispod barže i lokalnom brzinom vode. Utjecaj se znatno smanjuje pri većim dubinama vode i većim udaljenostima od barže. Provedene analize pokazuju da se ciljani utjecaj na polje brzine vode može koristiti kao analogija za pružanje hidrauličke osnove za razvoj trajnijih rješenja uređenja rijeke temeljenih na prirodi. Ovaj rad predstavlja koncept umjetnog riječnog otoka kao rješenje temeljeno na prirodi, prvenstveno osmišljenog za poboljšanje plovidbenih uvjeta koncentriranjem protoka unutar plitkog plovnog puta i poticanjem njegovog morfološkog produbljivanja. Umjesto da se nataloženi nanos tretira isključivo kao materijal koji se mora ukloniti iz rijeke, predloženi pristup razmatra može li se dio tog nanosa zadržati i ugraditi u dugoročno stabilan riječni otok. Rezultirajuća morfologija odvojila bi hidraulički aktivni plovidbeni koridor od sekundarne zone niže energije u kojoj bi se zadržali prirodni procesi erozije i taloženja. Na taj način bi se nanos preraspodijelio unutar riječnog ekosustava, umjesto da se kontinuirano uklanja iz njega. Predloženi koncept predstavlja prijelaz prema višenamjenskom uređenju rijeka, pri čemu se poboljšanje plovnosti, kontinuitet pronosa nanosa, morfološka raznolikost i ekološki razvoj razmatraju unutar istog projektnog okvira. Integracijom utvrđene prirodne morfodinamike rijeke i rješenja temeljenih na prirodi, studija nastoji pokazati kako nanos, koji trenutačno predstavlja problem za plovidbu, može postati građevinski resurs za stvaranje samoprilagodljivog riječnog otoka s hidrauličkim i ekološkim funkcijama.

Ključne riječi: gospodarenje nanosom, ušće Drave, umjetni riječni otok, plovidba, rješenja temeljena na prirodi

Zahvala: Ovaj rad sufinanciran je projektom: „Inovativno upravljanje sedimentom na slivu Dunava" - iNNO SED iz Okvirnog programa Europske unije za istraživanje i inovacije „Obzor Europa" i Misije „Obnovimo naš ocean i vode do 2030" (HORIZON-MISS-2023-OCEAN-01-02, broj 101157360).

From sediment management to nature-based river training: Concept of an artificial island at the Drava–Danube confluence

GORDON GILJA, ANTONIJA HARASTI

University of Zagreb Faculty of Civil Engineering, Department of Hydroscience and Engineering, RISED Laboratory, Fra Andrije Kačića-Miošića 26, Zagreb, Croatia

Corresponding author: gordon.gilja@grad.unizg.hr

Abstract

The confluence of the Drava River represents a highly dynamic transition zone in which sediment transport, river morphology, navigation requirements and ecological values interact within a relatively confined area. The continuous sediment supply from the Drava River, combined with the hydraulic influence and backwater effects of the considerably larger Danube, promotes recurrent sediment deposition and the development of shallow areas within the navigational fairway. Current investigations at the site explored the possibility of influencing these processes through flexible river-training measures rather than relying exclusively on sediment removal by dredging. In particular, temporary placement of a ballasted barge over the shallow sandbar demonstrated that a structure introduced into the flow can locally accelerate currents, enhance bed shear stress and initiate sediment redistribution. Numerical and field analyses showed that the effectiveness of this intervention is governed primarily by flow contraction beneath the structure and local flow velocity. The influence diminishes substantially at greater water depths. These findings demonstrate that targeted manipulation of the local flow field can be used to redistribute sediment and provide the hydraulic basis for developing more permanent but environmentally integrated river-training concepts. Building on these findings, the present study investigates the nature-based concept of an artificial river island designed primarily to improve navigational conditions by concentrating flow within the shallow fairway and promoting its morphological deepening. Instead of treating deposited sediment exclusively as material that must be removed from the system, the proposed approach considers whether part of this sediment can be deliberately retained and incorporated into a stable island feature. The resulting morphology would separate a hydraulically active navigation corridor from a lower-energy secondary zone in which further deposition could be accommodated. In this way, sediment would be redistributed within the river system rather than continuously extracted from it. The proposed concept represents a transition towards multi-functional river training, in which navigation improvement, sediment continuity, morphological diversity and ecological development are considered within the same design framework. By integrating identified morphodynamic behaviour with nature-based solutions, the study aims to demonstrate how sediment that currently constitutes a navigation problem may instead become a construction resource for creating a self-adjusting river feature with both hydraulic and ecological functions.

Key words: sediment management, Drava–Danube confluence, artificial river island, navigation, nature-based solutions

Acknowledgement: This work is co-financed by the project: "iNNOvative SEDiment Management in the Danube River Basin" – iNNOSED, granted from the European Union Research and Innovation Programme "Horizon Europe", and Mission „Restore our Ocean and Waters by 2030" (HORIZON-MISS-2023-OCEAN-01-02, No. 101157360).

Fotosintetski pigmenti klijanaca brokule pod vodnim stresom

DARIA GMIŽIĆ, IVANA ŠOLA

Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Rooseveltov trg 6, Zagreb

Dopisni autor: daria.gmizic@biol.pmf.unizg.hr

Sažetak

Vodni stres, uzrokovan nedostatkom ili suviškom vode, može negativno utjecati na fotosintezu te time ograničiti rast i razvoj biljaka. Promjene u fotosintetskoj funkciji odražavaju su kroz promjene u koncentracijama fotosintetskih pigmenata. Brokula (*Brassica oleracea* var. *cymosa*) se smatra funkcionalnom hranom zbog toga što sadrži visoku koncentraciju spojeva pozitivnog biološkog učinka na ljudsko zdravlje. S obzirom da koncentracija bioaktivnih spojeva ovisi o procesu fotosinteze, cilj ovog istraživanja bio je ustanoviti kako suša i poplava utječu na udio fotosintetskih pigmenata u klijancima brokule. Oba oblika vodnog stresa značajno su smanjila udio klorofila u klijancima brokule. Suša je smanjila udio klorofila *a* za 18 %, klorofila *b* za 25 % i ukupnog klorofila za 21 %, dok je poplava uzrokovala smanjenje od 12 %, 22 % i 16 %, redom. Omjer klorofila *a* i *b* ostao je nepromijenjen u uvjetima suše, dok je u uvjetima poplave značajno porastao (+1 4%). Za razliku od klorofila, udio karotenoida u uvjetima suše porastao je za 10 %, dok se u uvjetima poplave smanjio za 16 %. Ukupni sadržaj klorofila i karotenoida bio je smanjen pod oba utjecajem oblika vodnog stresa. Slično tome, udio porfirina smanjio se za 22 % u uvjetima suše te za 15 % u uvjetima poplave. Rezultati pokazuju da su i suša i poplava značajno utjecali na udio fotosintetskih pigmenata klijanaca brokule, pri čemu se intenzitet i smjer odgovora razlikovao između pigmenata. Suša je općenito imala izraženiji negativan učinak na klorofile i porfirine, dok su karotenoidi pokazali suprotni odgovor na dva oblika vodnog stresa, s povećanjem kod suše i smanjenjem kod poplave. Ovi rezultati ukazuju na različite mehanizme prilagodbe fotosintetskog aparata klijanaca brokule na nedostatak i suvišak vode.

Ključne riječi: karotenoidi, klimatske promjene, klorofil, kupusnjače, porfirini

Photosynthetic pigments of broccoli sprouts under water stress

DARIA GMIŽIĆ, IVANA ŠOLA

University of Zagreb, Faculty of Science, Division of Biology, Rooseveltov trg 6, Zagreb, Croatia

Corresponding author: daria.gmizic@biol.pmf.unizg.hr

Abstract

Water stress, caused by lack or excess of water, may negatively impact photosynthesis leading to limited plant growth and development. Alterations in photosynthetic functioning are reflected in changes of photosynthetic pigments concentrations. Broccoli (*Brassica oleracea* var. *cymosa*) is considered a functional food because of a high content of bioactive compounds with a positive effect on human health. As the concentration of bioactive compounds depends on a process of photosynthesis, the aim of this study was to evaluate how drought and flooding affect the photosynthetic pigments ratios in broccoli sprouts. Both water stress types significantly reduced chlorophyll ratios in broccoli sprouts. Drought reduced chlorophyll *a* ratio by 18%, chlorophyll *b* by 25% and total chlorophyll by 21%, while flooding caused reductions of 12%, 22%, and 16%, respectively. The ratio of chlorophyll *a* and *b* remained unchanged under drought conditions, while flooding conditions increased (+14%). As opposed to chlorophyll, the carotenoid concentration under drought increased by 10%, while decreasing by 16% under flooding. Total chlorophyll and carotenoid content was reduced under both water stress types. Similarly, porphyrins ratio was reduced by 22% under drought conditions, and by 15% under flooding conditions. The results show that both drought and flooding significantly impact the photosynthetic pigment ratios of broccoli sprouts, differing in intensity and direction between pigments. In general, drought had a more pronounced negative impact on chlorophyll and porphyrins, while carotenoids showed differing responses between two types of water stress, with increase under drought and decrease under flooding. These results indicate different adaptation mechanisms of photosynthetic apparatus under lack or excess of water in broccoli sprouts.

Key words: Brassicaceae, carotenoids, climate change, chlorophyll, porphyrins

Hidrološki izazovi rijeke Krke (Hrvatska): Smanjenje protoka, porast temperature vode i procjena ekološki prihvatljivog protoka

GORDANA GORETA[1], NAJLA BAKOVIĆ[2], MAJA RADIŠIĆ[3], JOSIP RUBINIĆ[3]

[1] Javna ustanova „Nacionalni park Krka", Trg Ivana Pavla II 5, Šibenik
[2] DVOKUT-ECRO d.o.o., Laboratorij za floru, faunu i staništa, Trnjanska 37, Zagreb
[3] GEO-5 d.o.o., Carera 59, Rovinj

Dopisni autor: rubinic.josip@gmail.com

Saţetak

Rijeka Krka zaštićena je kao nacionalni park na najvećem dijelu svojega toka zbog svoje iznimne prirodne vrijednosti. Svih sedam sedrenih barijera rijeke nalazi se unutar područja Parka te predstavljaju izrazito osjetljiva staništa koja ovise o delikatnoj ravnoteži između dostatne količine i kvalitete vode te vodenih organizama uključenih u procese stvaranja sedre. Zbog obilnih vodnih resursa i značajnih visinskih padova, vode Krke koriste se za hidroenergetsku proizvodnju od 1895. godine. Međutim, davno propisivani biološki minimumi nisu dostatni za održavanje rijetkih i ugroţenih krških vodenih staništa rijeke. Ta su staništa zaštićena kako na nacionalnoj razini u Republici Hrvatskoj tako i na razini Europske unije kao prioritetna staništa unutar ekološke mreţe Natura 2000. Korištenje voda unutar Parka postaje sve problematičnije zbog smanjenja protoka uzrokovanih klimatskim promjenama i porasta temperature vode. Kritične hidrološke prilike sve su učestalije, dok zahvaćanje voda u kombinaciji s klimatskim ekstremima stvara dodatni pritisak na sedrene barijere te pridonosi postupnoj degradaciji vodenog ekosustava. Procjene utjecaja klimatskih promjena na protoke i temperature vode rijeke Krke pokazuju da će se ovi nepovoljni hidrološki trendovi vjerojatno intenzivirati tijekom nadolazećih desetljeća, mijenjajući dinamiku protoka i ugroţavajući hidrobiodinamičku ravnoteţu sedrenih barijera i drugih ekoloških sastavnica. U radu se razmatraju hidrološke prilike rijeke Krke, s posebnim naglaskom na ljetna razdoblja malih voda, utjecaje klimatskih promjena na ključne sastavnice vodnog sustava te procjenu znanstveno utemeljenih i ekološki prihvatljivih protoka. Analiza ekološki prihvatljivog protoka temelji se na metodologiji razvijenoj u odnosu na morfologiju korita u blizini sedrenih barijera. Cilj istraţivanja jest pridonijeti razvoju metoda zaštite vodnih resursa, staništa i biloških zajednica unutar zaštićenih područja te poduprijeti očuvanje rijeke Krke u postojećim okolišnim uvjetima.

Ključne riječi: male vode, korištenje voda, klimatske promjene, sedrene barijere, ekološki prihvatljiv protok

Hydrological challenges of the Krka River (Croatia): Declining flows, rising water temperatures and environmental flow assessment

GORDANA GORETA[1], NAJLA BAKOVIĆ[2], MAJA RADIŠIĆ[3], JOSIP RUBINIĆ[3]

[1] Public Institution Krka National Park, Trg Ivana Pavla II 5, Šibenik, Croatia
[2] DVOKUT-ECRO Ltd, Laboratory for Flora, Fauna and Habitats, Trnjanska 37, Zagreb, Croatia
[3] GEO-5 Ltd., Carera 59, Rovinj, Croatia

Corresponding author: rubinic.josip@gmail.com

Abstract
The Krka River is protected as a National Park along most of its course due to its exceptional natural value. All seven of the river's tufa barriers are located within the Park's area and represent highly sensitive habitats that depend on a delicate balance between sufficient water quantity and quality and the aquatic organisms involved in tufa formation. Owing to its abundant water resources and significant elevation drops, the Krka has been used for hydropower generation since 1895. However, the long-established biological minimum flows are insufficient to maintain the rare and threatened karst aquatic habitats of the river. These habitats are protected both nationally in Croatia and at the European Union level as priority habitats within the Natura 2000 network. Water use within the Park has become increasingly problematic due to climate-change-induced reductions in river discharge and rising water temperatures. Critical hydrological conditions are becoming more frequent, while water abstraction combined with climatic extremes places additional pressure on tufa barriers, contributing to the gradual degradation of the aquatic ecosystem. Assessments of climate change impacts on Krka River flows and water temperatures indicate that these adverse hydrological trends are likely to intensify over the coming decades, altering flow dynamics and threatening the hydrobiodynamic balance of tufa barriers and other ecological components. This paper discusses the hydrological conditions of the Krka River, with particular emphasis on summer low-flow periods, climate change impacts on key components of the water system, and the assessment of science-based environmental flows that are ecologically acceptable. The environmental flow analysis is based on a methodology developed in relation to channel morphology in the vicinity of tufa barriers. The study aims to contribute to the development of methods for protecting water resources, habitats, and biological communities within protected areas and to support the conservation of the Krka River under current environmental conditions.

Key words: low flows, water use, climate change, tufa barriers, environmental flow

Implementacija Kopačkog rita u kurikulum srednjih strukovnih škola: Povezivanje prirodne i kulturne baštine kroz iskustveno učenje

PERO GRGIĆ*, EDITA BORIĆ

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet za odgojne i obrazovne znanosti, Ulica cara Hadrijana 10, Osijek (*student Doktorskog studija Obrazovne znanosti i perspektive obrazovanja)

Dopisni autor: pgrgic@foozos.hr

Sažetak

Suvremeni pristupi strukovnom obrazovanju naglašavaju važnost iskustvenog učenja, interdisciplinarnosti i povezivanja nastavnih sadržaja s autentičnim okruženjem. U tom kontekstu Kopački rit, kao područje iznimne prirodne i kulturne vrijednosti, predstavlja značajan obrazovni potencijal za ostvarivanje odgojno-obrazovnih ishoda propisanih kurikulumima srednjih strukovnih škola. Cilj rada je analizirati mogućnosti integracije sadržaja vezanih uz Kopački rit u kurikulume strukovnog obrazovanja te ukazati na doprinos iskustvenog učenja razvoju funkcionalnih znanja i kompetencija učenika. Rad se temelji na analizi relevantne literature, kurikulumskih dokumenata i primjera primjene terenske nastave u kontekstu prirodne i kulturne baštine. Posebna se pozornost posvećuje mogućnostima povezivanja sadržaja iz područja ekologije, poljoprivrede, geografije, održivog razvoja i kulturne baštine kroz interdisciplinarni pristup učenju. Kopački rit promatra se kao otvoreno okruženje za učenje koje omogućuje neposredno iskustvo, istraživanje prostora i razumijevanje međusobne povezanosti prirodnih procesa, ljudskih aktivnosti i očuvanja baštine. Takav pristup pridonosi boljem razumijevanju nastavnih sadržaja, razvoju kritičkog mišljenja te jačanju ekološke i građanske odgovornosti učenika. Analiza pokazuje da implementacija sadržaja vezanih uz Kopački rit može značajno doprinijeti povezivanju teorije i prakse te unaprijediti kvalitetu strukovnog obrazovanja. Kopački rit potvrđuje se kao vrijedan obrazovni resurs koji omogućuje ostvarivanje kurikulumskih ciljeva kroz iskustveno učenje te promicanje načela održivog razvoja i očuvanja prirodne i kulturne baštine.

Ključne riječi: interdisciplinarnost, iskustveno učenje, Kopački rit, prirodna i kulturna baština, kurikulum srednjih strukovnih škola

Implementation of Kopački rit in the curriculum of secondary vocational schools: Linking natural and cultural heritage through experiential learning

PERO GRGIĆ*, EDITA BORIĆ

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Education, Ulica cara Hadrijana 10, Osijek, Croatia (*PhD student of the Doctoral Programme in Educational Sciences and Perspectives in Education)

Corresponding author: pgrgic@foozos.hr

Abstract

Contemporary approaches to vocational education emphasize the importance of experiential learning, interdisciplinarity, and the integration of educational content with authentic learning environments. In this context, Kopački rit, an area of exceptional natural and cultural value, represents a significant educational resource for achieving the learning outcomes prescribed by the curricula of secondary vocational schools. The aim of this paper is to analyze the possibilities of integrating content related to Kopački rit into vocational education curricula and to highlight the contribution of experiential learning to the development of students' functional knowledge and competencies. The study is based on an analysis of relevant literature, curriculum documents, and examples of field-based teaching practices in the context of natural and cultural heritage. Particular attention is given to the integration of content from the fields of ecology, agriculture, geography, sustainable development, and cultural heritage through an interdisciplinary approach to learning. Kopački rit is viewed as an open learning environment that enables direct experience, spatial exploration, and a deeper understanding of the interrelationships between natural processes, human activities, and heritage conservation. Such an approach contributes to a better understanding of educational content, fosters critical thinking, and strengthens students' environmental awareness and civic responsibility. The analysis indicates that implementing educational content related to Kopački Rit can significantly enhance the integration of theory and practice and improve the quality of vocational education. Kopački rit is confirmed as a valuable educational resource that supports the achievement of curriculum objectives through experiential learning while promoting the principles of sustainable development and the preservation of natural and cultural heritage.

Key words: interdisciplinarity, experiential learning, Kopački rit, natural and cultural heritage, curriculum of secondary vocational schools

Kopački rit kao učionica na otvorenom: Primjer modularne nastave u strukovnom poljoprivrednom obrazovanju

PERO GRGIĆ*, EDITA BORIĆ

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet za odgojne i obrazovne znanosti, Ulica cara Hadrijana 10, Osijek (*student doktorskog studija Obrazovne znanosti i perspektive obrazovanja, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet za odgojne i obrazovne znanosti, Osijek)

Dopisni autor: pgrgic@foozos.hr

Sažetak

Modularna nastava omogućuje integraciju različitih nastavnih sadržaja u smislene cjeline usmjerene na razvoj kompetencija potrebnih za suvremeno obrazovanje i tržište rada. Cilj ovog rada je prikazati primjer provedbe modularne i projektne nastave u prirodnom okruženju Kopačkog rita te istražiti njezin doprinos razvoju ekološke pismenosti, istraživačkih i digitalnih kompetencija učenika u strukovnom poljoprivrednom obrazovanju. Modul „Kopački rit – prirodna baština i održivo gospodarenje prostorom" interdisciplinarno povezuje sadržaje predmeta Ekologija i zaštita okoliša, Bilinogojstvo, Geografija i Informatika. U provedbi su primijenjene metode projektne i terenske nastave, pri čemu učenici aktivno sudjeluju u istraživanju obilježja močvarnog ekosustava. Tijekom terenskog rada identificiraju karakteristične biljne i životinjske vrste, analiziraju stanišne uvjete te prikupljaju i obrađuju podatke pomoću digitalnih alata. Radom u skupinama učenici dokumentiraju opažanja fotografiranjem, vođenjem terenskih bilješki te analizom odnosa između prirodnih resursa i poljoprivrednih aktivnosti. Poseban naglasak stavlja se na razumijevanje mogućnosti usklađivanja gospodarskog razvoja s načelima zaštite okoliša i održivog razvoja. Kao završni produkt modula učenici izrađuju digitalni edukativni vodič „Kopački rit kroz oči mladih poljoprivrednika" te interaktivnu kartu bioraznolikosti s prikazom ključnih vrsta i njihovih staništa. Rezultate istraživanja prezentiraju putem digitalnih prezentacija i postera, čime razvijaju komunikacijske, suradničke i digitalne kompetencije. Rezultati provedbe pokazuju povećanu motivaciju učenika, aktivnije sudjelovanje u nastavi te bolje razumijevanje povezanosti ekosustava i poljoprivredne proizvodnje. Učenici razvijaju svijest o važnosti očuvanja bioraznolikosti i odgovornog upravljanja prirodnim resursima. Kopački rit potvrđuje se kao iznimno vrijedan obrazovni prostor za provedbu modularne nastave, koji omogućuje učinkovito povezivanje teorijskih i praktičnih sadržaja te razvoj kompetencija ključnih za održivu budućnost poljoprivrede i društva.

Ključne riječi: bioraznolikost, digitalne kompetencije, Kopački rit, modularna nastava, održivi razvoj, projektna nastava, strukovno poljoprivredno obrazovanje, terenska nastava

Kopački rit as an open-air classroom: An example of modular teaching in vocational agricultural education

PERO GRGIĆ*, EDITA BORIĆ

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Education, Ulica cara Hadrijana 10, Osijek, Croatia (*PhD student of the Doctoral Programme in Educational Sciences and Perspectives in Education)

Corresponding author: pgrgic@foozos.hr

Abstract

Modular teaching enables the integration of different curricular contents into coherent units aimed at developing the competencies required for contemporary education and the labour market. The aim of this paper is to present an example of the implementation of modular and project-based teaching in the natural environment of Kopački rit and to examine its contribution to the development of ecological literacy, as well as students' research and digital competencies in vocational agricultural education. The module "Kopački rit – Natural Heritage and Sustainable Spatial Management" interdisciplinarily connects the subjects Ecology and Environmental Protection, Crop Production, Geography, and Informatics. Project-based and field-based teaching methods were applied, enabling students to actively participate in the exploration of wetland ecosystem characteristics. During fieldwork, they identify characteristic plant and animal species, analyse habitat conditions, and collect and process data using digital tools. Working in groups, students document their observations through photography, field notes, and the analysis of relationships between natural resources and agricultural activities. Special emphasis is placed on understanding the possibilities of aligning economic development with the principles of environmental protection and sustainable development. As a final product of the module, students create a digital educational guide "Kopački rit through the Eyes of Young Farmers" and an interactive biodiversity map presenting key species and their habitats. The research results are presented through digital presentations and posters, thereby developing students' communication, collaboration, and digital competencies. The results of the implementation indicate increased student motivation, more active participation in lessons, and a deeper understanding of the interconnection between ecosystems and agricultural production. Students develop awareness of the importance of biodiversity conservation and responsible natural resource management. Kopački rit is confirmed as a highly valuable educational setting for the implementation of modular teaching, enabling effective integration of theoretical and practical content and fostering competencies essential for the sustainable future of agriculture and society.

Key words: biodiversity, digital competences, Kopački rit, modular teaching, sustainable development, project-based teaching, vocational agricultural education, field teaching

Mikrovalno inducirana desikacija rizoma japanskog dvornika (*Reynoutria japonica* Houtt.): Implikacije za tehniku zbrinjavanja

BEATA GRYGIERZEC[1], KRZYSZTOF SŁOWIŃSKI[2], MARTA KEMPF[2], SYLWESTER TABOR[3], ROBERT WITKOWICZ[1], MATEUSZ KRUPA[2], ANGELIKA KLISZCZ[1], JANINA GOSPODAREK[1], STANISŁAW MAZUR[4], PIOTR KEMPF[5], MARIN LUKAČEVIĆ[2*], AGNIESZKA SYNOWIEC[1]

[1] Poljoprivredno sveučilište Krakov, Fakultet agronomije i ekonomije, al. Mickiewicza 21, Krakov, Poljska
[2] Poljoprivredno sveučilište Krakov, Fakultet šumarstva, al. 29 Listopada 46, Krakov, Poljska (*student doktorskog studija)
[3] Poljoprivredno sveučilište Krakov, Fakultet proizvodnog i energetskog inženjerstva, ul. Balicka 116 B, Krakov, Poljska
[4] Poljoprivredno sveučilište Kraków, Fakultet biotehnologije i hortikulture, al. 29 Listopada 54, Krakov, Poljska
[5] Regionalna uprava državnih šuma, al. Juliusza Słowackiego 17a, Krakov, Poljska

Dopisni autor: marin.lukacevic@urk.edu.pl

Saţetak

Suzbijanje japanskog dvornika (*Reynoutria japonica* Houtt., Polygonaceae) iznimno je teško, a zbrinjavanje rizoma nakon mehaničkog uklanjanja i dalje predstavlja golem izazov. S ciljem rješavanja tog problema, u ovom je istraživanju ispitana primjena mikrovalnog zračenja (MRE) kao metode za toplinsko smanjenje udjela vlage u rizomima kako bi ih se potencijalno učinilo nevitalnima. Rizomi su prikupljeni iz populacije vrste *R. japonica* u blizini nasipa rijeke Visle, Krakov, Poljska (N 50°02'34.31", E 19°52'43.31'). Nakon prikupljanja su očišćeni, izrezani na fragmente te podvrgnuti MRE tretmanima u trajanju od 2 do 30 s, u intervalima od 2 s. Masa rizoma i udio vlage izmjereni su prije i nakon tretmana, a gubitak vlage analiziran je Welchovom ANOVA-om, nakon čega su provedeni Games–Howellov post-hoc test i Tamhaneov T2 test linearnog trenda. Welchova ANOVA pokazala je da su MRE tretmani uzrokovali značajan gubitak vlage ($F''_{(14, 34.17)}$ = 43.508, p < 0.001), što objašnjava 92% varijacije u udjelu vlage (ω^2 = 0.92). Štoviše, Tamhaneov T2 test trenda potvrdio je visoko značajan porast gubitka vlage s produljenjem izloženosti zračenju (F = 325.445, p < 0.001). Iako je zabljeţen opći uzlazni trend, učinci pojedinačnih tretmana su varirali. Prema Games–Howellovom post-hoc testu, najdulja izloženost (28 s i 30 s) dovela je do stabilnog gubitka vlage od 2.63 ± 0.66%, odnosno 2.56 ± 0.56%, dok je najmanji gubitak zabilježen pri izloženosti od 2 s (0.45 ± 0.25%). Desikaciju s produljenjem izloženosti pratilo je i znatno povećanje temperature rizoma, koja je porasla sa sa 17.00 ± 0.20 °C (pri 2 s) na 64.80 ± 4.90 °C (pri 30 s). Međutim, unatoč desikaciji, vijabilnost rizome nije u potpunosti suzbijena budući da je nekoliko fragmenata nakon tretmana ponovno potjeralo izbojke. Međutim, unatoč desikaciji, vijabilnost rizoma nije u potpunosti suzbijena, obzirom da je nekoliko fragmeata nakon tretmana ponovno potjeralo izbojke. Ovi rezultati ukazuju na izražen gubitak vlage s produljenjem izloženosti mikrovalovima, što potvrđuje da MRE može učinkovito isušiti rizome vrste *R. japonia* prije zbrinjavanja. Buduća istraživanja trebala bi se usmjeriti na utvrđivanje točnih pragova vijabilnosti i mogućnosti dugoročne regeneracije tretiranih rizoma.

Ključne riječi: mikrovalovi, rizomi, sadržaj vlage, zbrinjavanje

Microwave-induced desiccation of Japanese knotweed (*Reynoutria japonica* Houtt.) rhizomes: Implications for disposal technique

BEATA GRYGIERZEC[1], KRZYSZTOF SŁOWIŃSKI[2], MARTA KEMPF[2], SYLWESTER TABOR[3], ROBERT WITKOWICZ[1], MATEUSZ KRUPA[2], ANGELIKA KLISZCZ[1], JANINA GOSPODAREK[1], STANISŁAW MAZUR[4], PIOTR KEMPF[5], MARIN LUKAČEVIĆ[2*], AGNIESZKA SYNOWIEC[1]

[1] University of Agriculture in Krakow, Faculty of Agriculture and Economics, al. Mickiewicza 21, Kraków, Poland
[2] University of Agriculture in Krakow, Faculty of Forestry, al. 29 Listopada 46, Kraków, Poland (*PhD student)
[3] University of Agriculture in Krakow, Faculty of Production and Power Engineering, ul. Balicka 116 B, Kraków, Poland
[4] University of Agriculture in Krakow, Faculty of Biotechnology and Horticulture, al. 29 Listopada 54, Kraków, Poland
[5] Regional Directorate of State Forests, al. Juliusza Słowackiego 17a, Kraków, Poland

Corresponding author: marin.lukacevic@urk.edu.pl

Abstract

The management of Japanese knotweed (*Reynoutria japonica* Houtt., Polygonaceae) is extremely difficult, and disposing of its rhizomes after mechanical removal remains a daunting challenge. To address this problem, the present study investigated microwave radiation energy (MRE) as a method to thermally reduce rhizome moisture content and potentially render them non-viable. Rhizomes were collected from a population of *R. japonica* near the Vistula River embankment in Kraków, Poland (N 50°02'34.31", E 19°52'43.31'). Following collection, rhizomes were cleaned, segmented, and subjected to MRE treatments ranging from 2 to 30 seconds in 2-second increments. Additionally, rhizome mass and moisture content were measured before and after treatments. The moisture loss was analysed using the Welch's ANOVA, followed by the Games–Howell post-hoc test and Tamhane's T2 linear trend test. The Welch's ANOVA showed that MRE treatments caused significant moisture loss ($F''_{(14, 34.17)} = 43.508$, $p < 0.001$), explaining 92% of the variation in moisture content ($\omega^2 = 0.92$). Moreover, Tamhane's T2 trend test confirmed a highly significant, exposure-dependent increase in moisture loss ($F = 325.445$, $p < 0.001$). Although the trend increased, individual treatments fluctuated. According to the Games–Howell post-hoc test, the highest exposures (28 s and 30 s) led to consistent moisture losses of 2.63 ± 0.66% and 2.56 ± 0.56%, respectively, while the lowest loss occurred at 2 s (0.45 ± 0.25%). This exposure-dependent desiccation was accompanied by a marked increase in rhizome temperature, from 17.00 ± 0.20 °C at 2 s to 64.80 ± 4.90 °C at 30 s. However, despite desiccation, rhizome viability was not completely suppressed, as several fragments resprouted afterwards. These findings demonstrate a pronounced, exposure-dependent increase in moisture loss, indicating that MRE may effectively desiccate *R. japonica* rhizomes prior to disposal. Consequently, further research is needed to determine the exact viability thresholds and long-term resprouting potential of MRE-treated rhizome fragments.

Key words: microwaves, rhizomes, moisture content, disposal

Procjena ekološkog i gospodarskog značaja ribnjaka u Hrvatskoj i Mađarskoj za održiviju i klimatski otporniju akvakulturu

MIRNA HABUDA-STANIĆ[1], TAMÁS GERGELY MOLNÁR[2], KINGA KATALIN LEFLER[2], DAJANA GAŠO-SOKAČ[1], VALENTINA BUŠIĆ[1], RÉKA BALOGH[2], GÁBOR PÉTER BELICZKY[2], ANDRÁS BOGNÁR[2]

[1] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Franje Kuhača 18, Osijek
[2] Mađarsko sveučilište poljoprivrede i prirodnih znanosti (MATE), Institut za akvakulturu i sigurnost okoliša, Villányi út 29–43, Budimpešta, Mađarska

Dopisni autor: habudastanic@gmail.com

Sažetak

Ribnjaci predstavljaju jedne od najvrjednijih slatkovodnih ekosustava u srednjoj Europi te pružaju značajne ekološke i gospodarske koristi kroz akvakulturnu proizvodnju, očuvanje bioraznolikosti, zadržavanje vode, kruženje hranjivih tvari i ublažavanje poplava. Međutim, ovi su ekosustavi sve više izloženi utjecajima klimatskih promjena, dugotrajnih suša, promjenjive dostupnosti vode, degradacije staništa, invazivnih vrsta te sukoba između proizvodnje ribe i očuvanja divljih životinja, što naglašava potrebu za održivim i klimatski otpornim upravljanjem. Procjena ekološkog stanja ribnjaka zahtijeva integrirani pristup koji objedinjuje sezonsko praćenje kakvoće vode i suvremene metode procjene bioraznolikosti. Fizikalno-kemijske analize vode pružaju informacije o ključnim okolišnim parametrima, dok tehnologija okolišne DNK (eDNA) omogućuje neinvazivno otkrivanje autohtonih, zaštićenih, ugroženih i invazivnih ribljih vrsta, nadopunjujući konvencionalna ekološka istraživanja i unapređujući praćenje bioraznolikosti. Razumijevanje interakcija između akvakulturne proizvodnje i divljih životinja, osobito ptica ribojeda poput velikog vranca (*Phalacrocorax carbo*), također je ključno za razvoj uravnoteženih strategija upravljanja koje podupiru proizvodnju ribe i očuvanje prirode. Prekogranična znanstvena suradnja Hrvatske i Mađarske doprinosi usklađivanju pristupa monitoringu, razmjeni znanja i razvoju preporuka za upravljanje temeljenih na znanstvenim dokazima. Integracija ekoloških istraživanja i socioekonomskih aspekata može ojačati očuvanje slatkovodne bioraznolikosti, unaprijediti održivost akvakulture te povećati otpornost ribnjačkih ekosustava na buduće okolišne izazove.

Ključne riječi: ribnjaci, održiva akvakultura, okolišna DNK (eDNA), klimatska otpornost

Assessing the ecological and economic impact of fish ponds in Croatia and Hungary towards more sustainable and climate resilient aquaculture

MIRNA HABUDA-STANIĆ[1], TAMÁS GERGELY MOLNÁR[2], KINGA KATALIN LEFLER[2], DAJANA GAŠO-SOKAČ[1], VALENTINA BUŠIĆ[1], RÉKA BALOGH[2], GÁBOR PÉTER BELICZKY[2], ANDRÁS BOGNÁR[2]

[1] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Food Technology Osijek, Franje Kuhača 18, Osijek, Croatia
[2] Hungarian University of Agriculture and Life Sciences (MATE), Institute of Aquaculture and Environmental Safety, Villányi str. 29-43, Budapest, Hungary

Corresponding author: habudastanic@gmail.com

Abstract
Fish ponds are among the most valuable freshwater ecosystems in Central Europe, providing important ecological and economic benefits through aquaculture production, biodiversity conservation, water retention, nutrient cycling, and flood mitigation. However, these ecosystems are increasingly affected by climate change, prolonged droughts, fluctuating water availability, habitat degradation, invasive species, and conflicts between fish production and wildlife conservation, highlighting the need for sustainable and climate-resilient management. Assessing the ecological condition of fish ponds requires an integrated approach combining seasonal water quality monitoring with modern biodiversity assessment methods. Physicochemical analyses of water provide information on key environmental parameters, while environmental DNA (eDNA) technology enables non-invasive detection of native, protected, endangered, and invasive fish species, complementing conventional ecological surveys and improving biodiversity monitoring. Understanding interactions between aquaculture production and wildlife, particularly fish-eating birds such as the great cormorant, is also essential for developing balanced management strategies that support both fish production and nature conservation. Cross-border scientific collaboration between Croatia and Hungary contributes to harmonised monitoring approaches, knowledge exchange, and the development of evidence-based management recommendations. Integrating ecological research with socio-economic considerations can strengthen freshwater biodiversity conservation, improve the sustainability of aquaculture, and enhance the resilience of fish pond ecosystems to future environmental challenges.

Key words: fish ponds, sustainable aquaculture, environmental DNA (eDNA), climate resilience

Okolišni čimbenici koji oblikuju zajednice porodice Chironomidae (Diptera) i njihova primjena u procjeni ekološkog stanja jezera na Papuku

LEA HORVAT[1]*, NIKOLINA ANASTASIJEVSKI[1]*, VIKTORIJA ERGOVIĆ[1], MIRAN KOH[1], PREDRAG SIMOVIĆ[1,2], BOGUMIŁ ŁOSIEWICZ[1,3,4], IVANA TURKOVIĆ ČAKALIĆ[1], BARBARA VLAIČEVIĆ[1]

[1] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek (*student)
[2] Univerzitet u Kragujevcu, Prirodno-matematički fakultet, Institut za biologiju i ekologiju, Radoja Domanovića 12, Kragujevac, Srbija
[3] Sveučilište prirodnih znanosti u Varšavi, Fakultet za bioekonomiju i prehrambene sustave, Zavod za biologiju okoliša životinja, Ciszewskiego 8/23, Varšava, Poljska (student Doktorskog studija)
[4] Poljska akademija znanosti, Kielanowski institut za animalnu fiziologiju i prehranu, Zavod za genetičko inženjerstvo, Instytucka 3, Jabłonna, Poljska

Dopisni autor: lea.horvat@biologija.unios.hr

Sažetak

Trzalci, Chironomidae (Diptera) pripadaju među najbrojnije skupine bentoskih beskralježnjaka te, zahvaljujući širokom rasponu tolerancije i izraženoj osjetljivosti pojedinih svojti na antropogene promjene, predstavljaju važne bioindikatore u procjeni kakvoće sustava. Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi raznolikost trzalaca u deset jezera na području Parka prirode Papuk te odrediti utjecaj abiotičkih čimbenika na sastav zajednice. Uzorkovanje je provedeno u srpnju 2025. godine, pri čemu je makrozoobentos prikupljan u litoralnoj zoni jezera ručnom bentos mrežom veličine oka 500µm. U deset istraživanih jezera zabilježena je ukupno 51 svojta porodice Chironomidae od čega 26 vrsta. Najveća taksonomska raznolikost zabilježena je na lokalitetu Češljakovci (17 svojti), zatim na lokalitetu Kutjevo (15 svojti), dok je najveća brojnost jedinki zabilježena u jezeru Bistra (11768 jed./m^2). Dominantne svojte bile su *Polypedilum nubeculosum*, *Cladotanytarsus* sp., *Procladius* sp., *Tanytarsus* sp., *Microtendipes pedellus* agg. i *Cricotopus pulchripes* Verrall, 1912, koje zajedno čine 60,4 % ukupne brojnosti unutar zajednice. Prve dvije osi PCA analize objasnile su 68,2 % varijabilnosti okolišnih čimbenika, pri čemu su tvrdoća vode, ukupni dušik i klorofil-*a* imali najveći doprinos prvoj osi (PC1), dok su zasićenost vode kisikom i pH najviše pridonijeli drugoj osi (PC2). Među okolišnim varijablama koje su bile statistički povezane sa sastavom zajednice Chironomidae, ukupne suspendirane tvari bile su povezane s lokalitetom Vetovo, dok su zasićenost kisikom i pH s lokalitetom Hercegovac. Uočena je izražena prostorna varijabilnost u sastavu zajednica Chironomidae među istraživanim jezerima, pri čemu su se lokaliteti Kutjevo i Voćin najviše izdvojili od ostalih istraživanih lokaliteta zbog sastava podloge. Rezultati ovog istraživanja ukazuju na izraženu prostornu heterogenost zajednica Chironomidae među istraživanim jezerima te na njihovu povezanost s lokalnim abiotičkim čimbenicima. Ovo istraživanje donosi nove spoznaje o fauni trzalaca panonske regije te ističe potencijal zajednica Chironomidae za ekološku procjenu i buduće praćenje stanja slatkovodnih ekosustava na području Parka prirode Papuk.

Ključne riječi: dvokrilci, jezero, kvaliteta vode, makrozoobentos

Diversity and ecological drivers of Chironomidae assemblages in lakes of Papuk Mountain

LEA HORVAT[1]*, NIKOLINA ANASTASIJEVSKI[1]*, VIKTORIJA ERGOVIĆ[1], MIRAN KOH[1], PREDRAG SIMOVIĆ[1,2], BOGUMIŁ ŁOSIEWICZ[1,3,4], IVANA TURKOVIĆ ČAKALIĆ[1], BARBARA VLAIČEVIĆ[1]

[1] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia (*student)
[2] University of Kragujevac, Faculty of Science, Department of Biology and Ecology, Radoja Domanovića 12, Kragujevac, Serbia
[3] Warsaw University of Life Sciences, Faculty of Bioeconomy and Food Systems, Department of Animal Environment Biology, Ciszewskiego 8, Warsaw, Poland (PhD student)
[4] Polish Academy of Sciences, the Kielanowski Institute of Animal Physiology and Nutrition, Department of Genetic Engineering, Instytucka 3, Jabłonna, Poland

Corresponding author: lea.horvat@biologija.unios.hr

Abstract

Chironomidae (Diptera), commonly known as non-biting midges, are among the most abundant groups of benthic invertebrates and, due to their wide tolerance range and the sensitivity of specific taxa to anthropogenic changes, serve as important bioindicator species for assessing ecosystem quality. This study aimed to determine Chironomidae diversity in ten lakes within Papuk Nature Park and assess the influence of abiotic parameters on community composition. Sampling was conducted in July 2025, with macrozoobenthos collected from the littoral zones of the lakes using a hand-held benthic net (500 µm mesh size). A total of 51 Chironomidae taxa were recorded in the ten lakes studied, including 26 species. The greatest taxonomic diversity was recorded at Češljakovci (17 taxa), followed by Kutjevo (15 taxa), while the highest abundance was recorded at Bistra Lake (11768 ind./m^2). The dominant taxa were *Polypedilum nubeculosum*, *Cladotanytarsus* sp., *Procladius* sp., *Tanytarsus* sp., *Microtendipes pedellus* agg., and *Cricotopus pulchripes* Verrall, 1912, together accounting for 60.4% of the total Chironomidae abundance. The first two PCA axes explained 68.2% of the variation in environmental factors; water hardness, total nitrogen, and chlorophyll-*a* contributed most to the first axis (PC1), while dissolved oxygen saturation and pH contributed most to the second axis (PC2). Among the environmental variables that were related to the composition of the Chironomidae community, total suspended solids were associated with Lake Vetovo, while oxygen saturation and pH were associated with Hercegovac Lake. Pronounced spatial variability in the composition of the Chironomidae community was observed among the studied lakes, with Kutjevo and Voćin showing the greatest separation from the other sites. The results of this study indicate pronounced spatial heterogeneity in Chironomidae communities among the studied lakes and their association with local environmental conditions. This study provides new insights into the chironomid fauna of the Pannonian region of Croatia and highlights the necessity of Chironomidae communities for ecological assessment and future monitoring of freshwater ecosystems in Papuk Nature Park.

Key words: Diptera, lakes, water quality, macrozoobentos

Koncentracija aktivnosti radona u vanjskom zraku u Osijeku: Vremenska promjenjivost i povezanost s temperaturom, relativnom vlažnošću zraka, atmosferskim tlakom i lebdećim česticama PM_{10}

CHIARA IMPARATO[1,2], IGOR MIKLAVČIĆ[2], DENIS STANIĆ[2], VANJA RADOLIĆ[2], MARINA POJE SOVILJ[2]

[1] Sveučilište „Luigi Vanvitelli", Odjel za matematiku i fiziku, viale Lincoln 5, Caserta, Italija
[2] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za fiziku, Trg Ljudevita Gaja 6, Osijek

Dopisni autor: marina.poje@fizika.unios.hr

Sažetak

Radon na otvorenom potječe ponajprije iz tla, njegova koncentracija ovisi o intenzitetu ekshalacije, atmosferskoj stabilnosti i procesima vertikalnog i horizontalnog miješanja zraka. Premda su koncentracije radona na otvorenom uglavnom niske, njihove vremenske promjene mogu pružiti korisne informacije o lokalnim procesima u prizemnom sloju atmosfere. Cilj ovog rada bio je istražiti kratkoročnu promjenjivost koncentracije aktivnosti radona na otvorenom zraku u urbanim uvjetima te procijeniti njezinu povezanost s meteorološkim parametrima i lebdećim česticama na mjernoj postaji u Osijeku. Analizirana su istodobna satna mjerenja koncentracije aktivnosti radona, temperature, relativne vlažnosti, atmosferskog tlaka, koncentracije PM_{10} i brzine vjetra tijekom jednog ljetnog mjeseca. Povezanosti među varijablama ispitane su Spearmanovom korelacijom. Neovisni doprinos pojedinih okolišnih čimbenika procijenjen je višestrukom regresijom sa standardnim pogreškama te vremenskim modelom kojim su uzeti u obzir serijska korelacija podataka i dnevni ciklus. Koncentracija aktivnosti radona bila je viša pri većoj relativnoj vlažnosti i višim koncentracijama PM_{10}, a niža pri višoj temperaturi i većoj brzini vjetra. Nije utvrđena značajna povezanost s atmosferskim tlakom. Nakon istodobnog uključivanja svih promatranih čimbenika te prilagodbe za vremensku ovisnost i dnevnu periodičnost, koncentracija PM_{10} i brzina vjetra ostale su najstabilniji prediktori koncentracije aktivnosti radona. Povezanost radona i PM_{10} vjerojatno odražava njihov istodobni porast u uvjetima slabijeg atmosferskog miješanja, a ne izravnu uzročno-posljedičnu vezu. Snažna međusobna povezanost temperature i relativne vlažnosti otežava izdvajanje njihovih pojedinačnih učinaka. Rezultati pokazuju da je kratkoročna promjenjivost radona na otvorenom zraku Osijeka ponajprije povezana s dinamikom prizemnog sloja atmosfere. Slabiji vjetar i nakupljanje lebdećih čestica upućuju na uvjete ograničene disperzije, koji pogoduju i zadržavanju radona u blizini tla. Istraživanje doprinosi razumijevanju ponašanja radona u urbanom okolišu te pokazuje važnost istodobnog praćenja radona, meteoroloških uvjeta i pokazatelja kvalitete zraka.

Ključne riječi: radon u vanjskom zraku, meteorološki parametri, atmosfersko miješanje, lebdeće čestice (PM_{10}), kvaliteta zraka u urbanim sredinama.

Outdoor radon concentration in City of Osijek: Temporal variability and relationships with temperature, relative humidity, atmospheric pressure and particulate matter PM_{10}

CHIARA IMPARATO[1,2], IGOR MIKLAVČIĆ[2], DENIS STANIĆ[2], VANJA RADOLIĆ[2], MARINA POJE SOVILJ[2]

[1] Luigi Vanvitelli University of Campania, Department of Mathematics and Physics, viale Lincoln 5, Caserta, Italy
[2] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Physics, Trg Ljudevita Gaja 6, Osijek, Croatia

Corresponding author: marina.poje@fizika.unios.hr

Abstract

Radon in outdoor air originates primarily from the soil, while its activity concentration is influenced by the radon exhalation rate, atmospheric stability, and vertical and horizontal air-mixing processes. Although outdoor radon activity concentrations are generally low, their temporal variability can provide useful information about local processes occurring within the atmospheric surface layer. This study aimed to investigate the short-term variability of outdoor radon activity concentration and assess its relationships with meteorological parameters and particulate matter at a meteorological station in Osijek, Croatia. Simultaneous hourly measurements of radon activity concentration, air temperature, relative humidity, atmospheric pressure, PM_{10} concentration, and wind speed were analysed over a summer monitoring period. Relationships among the variables were examined using Spearman's rank correlation. The independent contributions of individual environmental factors were evaluated using multiple regression with standard errors and a time-series model accounting for serial autocorrelation and the diurnal cycle. Radon activity concentration was higher under conditions of increased relative humidity and elevated PM_{10} concentrations and lower at higher temperatures and greater wind speeds. No significant association with atmospheric pressure was observed. After the simultaneous inclusion of all investigated factors and adjustment for temporal dependence and diurnal periodicity, PM_{10} concentration and wind speed remained the most consistent predictors of radon activity concentration. The association between radon and PM_{10} likely reflects their simultaneous accumulation under conditions of reduced atmospheric mixing rather than a direct causal relationship. The strong inverse relationship between temperature and relative humidity made it difficult to distinguish their individual effects. The results indicate that the short-term variability of outdoor radon in Osijek is primarily associated with the dynamics of the atmospheric surface layer. Lower wind speeds and the accumulation of particulate matter indicate conditions of limited atmospheric dispersion, which also favour radon retention near the ground. This study contributes to a better understanding of radon behaviour in urban outdoor environments and highlights the importance of simultaneously monitoring radon, meteorological conditions, and air-quality indicators.

Key words: outdoor radon, meteorological parameters, atmospheric mixing, particulate matter (PM_{10}), urban air quality

Evaporativni gubitak vode kod vodozemaca

VJEKO IVAKOVIĆ*, LORA KRČMAR*, LEONARDA SUDAR*, ELENA ŽIVAKOVIĆ*, OLGA JOVANOVIĆ GLAVAŠ

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek (*student)

Dopisni autor: ojovanovic@biologija.unios.hr

Sažetak

S obzirom na izraženu ovisnost vodozemaca o vodi i vlažnim staništima, promjene u dostupnosti vode mogu imati značajan utjecaj na njihovu fiziologiju i ekologiju, osobito u razdoblju naglih klimatskih promjena, intenzivnih toplinskih valova te dugotrajnih sušnih perioda. Evaporativni gubitak vode (EWL) predstavlja jedan od najvažnijih fizioloških procesa kod vodozemaca zbog njihove izrazito propusne kože i ovisnosti o vlažnim uvjetima okoliša. Cilj je ovog istraživanja utvrditi intenzitet evaporativnog gubitka vode kod jedinki zelenih žaba (rod *Pelophylax*). U istraživanju je korišteno deset jedinki roda *Pelophylax* prikupljenih na lokalitetu Stara Drava, Višnjevac (Osijek). Nakon perioda hidratacije, jedinke su tijekom četiri sata bile izložene isušujućim uvjetima u komorama sa silika gelom pri temperaturi od 25 °C. Tjelesna masa mjerena je svakih 15 minuta, a evaporativni gubitak vode procijenjen je na temelju promjene mase. Površinski standardizirane vrijednosti EWL-a izračunate su korištenjem procijenjene tjelesne površine. Kod svih jedinki zabilježen je kontinuiran pad tjelesne mase tijekom eksperimenta. Utvrđena je značajna negativna povezanost između početne mase jedinki i postotka izgubljene mase. Prosječna vrijednost površinski standardiziranog EWL-a iznosila je 20,13 mg cm^{-2} h^{-1}. Dobiveni rezultati ukazuju na to da rod *Pelophylax* pokazuje obilježja tipičnih vodozemaca koje karakterizira relativno visoki evaporativni gubitak vode te velika ovisnost o vodenim i vlažnim staništima. S obzirom na povećanje učestalosti i intenziteta sušnih razdoblja, ovakva istraživanja mogu pridonijeti boljem razumijevanju fizioloških ograničenja koja bi u budućnosti mogla utjecati na rasprostranjenost i aktivnost populacija zelenih žaba, ali i ostalih vodozemaca.

Ključne riječi: EWL, Amphibia, bezrepci, *Pelophylax*, zelene žabe

Evaporative water loss in amphibians

VJEKO IVAKOVIĆ*, LORA KRČMAR*, LEONARDA SUDAR*, ELENA ŽIVAKOVIĆ*, OLGA JOVANOVIĆ GLAVAŠ

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia (*student)

Corresponding author: ojovanovic@biologija.unios.hr

Abstract

Given the strong dependence of amphibians on water and moist habitats, changes in water availability can have a significant impact on their physiology and ecology, especially during periods of rapid climate change, intense heat waves, and prolonged droughts. Evaporative water loss (EWL) is one of the most important physiological processes in amphibians due to their highly permeable skin and dependence on moist environmental conditions. The aim of this study is to determine the intensity of evaporative water loss in individuals of green frogs (genus *Pelophylax*). Ten individuals of the genus *Pelophylax* collected at the site Stara Drava, Višnjevac (Osijek), were used in the study. After the hydration period, the individuals were exposed to desiccating conditions in silica gel chambers at 25 °C for four hours. Body mass was measured every 15 minutes, and evaporative water loss was estimated based on mass change. Surface-area-specific EWL values were calculated using the estimated body surface area. All individuals showed a continuous decrease in body weight during the experiment. A significant negative correlation was found between the initial weight of the individuals and the percentage of lost weight. The average value of surface-area-specific EWL was 20.13 mg cm^{-2} h^{-1}. The obtained results indicate that the genus *Pelophylax* shows characteristics of a typical amphibian characterized by relatively high evaporative water loss and a high dependence on aquatic and moist habitats. Given the increase in the frequency and intensity of dry periods, such studies may contribute to a better understanding of physiological constraints that could affect the distribution and activity of water frog populations, but also other amphibians in the future.

Key words: EWL, Amphibia, anurans, *Pelophylax*, water frogs

Povijest industrije Baranje (7) „Belje" - tvornica mliječnih proizvoda u Belom Manastiru

MILAN IVANOVIĆ

PANON - Institut za strateške studije, Vijenac Ivana Meštrovića 19, Osijek

Dopisni autor: panon.institut@gmail.com

Sažetak

U seriji radova *'Povijest industrije Baranje'* na ovom simpoziju obrađuju se počeci i razvoj industrije na području hrvatskog dijela Baranje. U ovom radu obrađuje se izgradnja i rad Tvornice mliječnih proizvoda u Belom Manastiru. Ova tvornica djeluje od svoga osnivanja kao sastavni dio Poljoprivredno industrijskog kombinata „Belje". Izgrađena je 1911. godine radi prihvaćanja i prerade mlijeka koje se proizvodi na beljskom imanju. Dva glavna proizvoda bila su maslac i kazein, dok se obrano mlijeko vraćalo natrag stočarskim pogonima za prehranu stoke. Povremeno se proizvodilo nešto i sitnog sira. Tvornica je poslovala u otežanim uvjetima tijekom Prvog i Drugog svjetskog rata. Nakon Drugog svjetskog rata, dva su značajna razdoblja u radu Tvornice: administrativno razdoblje privrednog sustava u Jugoslaviji te razdoblje tržišno-planskog gospodarstva. Krajem 1960-tih učinjena su velika ulaganja u mehanizaciju i automatizaciju te su instalirane četiri proizvodne linije za: prijem mlijeka, proizvodnju maslaca (Slika 1), proizvodnju sireva i proizvodnju topljenih sireva. Sredinom 1980-tih započinje proizvodnju svježih krem sireva „ABC", koji će postati jednim od brandova „Belja". Tijekom Domovinskog rata (1991.-1995.) tvornica je radila i snabdijevala stanovništvo na UNTAES području istok (Baranja), a početkom 1998. godine u procesu reintegracije svi su pogoni „Belja" vraćeni pod matičnu upravu poduzeća. Tvornica je, kao i cijeli poslovni kompleks „Belja", 2005. postala dijelom koncerna „Agrokor", a od travnja 2019. radi u okviru „Belje plus" d.o.o. i Fortenova grupe. Početkom 2021. godine, nakon odlaska tvrtke Meggle iz Osijeka, „Belje" preuzima proizvodni pogon osječke mljekare i na taj je način očuvana tvornica sa 70-godišnjom tradicijom i nastavljena je suradnja s obiteljskim poljoprivrednim gospodarstvima koja proizvode mlijeko diljem Slavonije i Baranje. Tada je stvoren novi brend „Kravica Kraljica" (Slika 2). Od 31. siječnja 2025. tvornica je ušla u sastav Grupe „Podravka", kada je „Podravka" zaključila akviziciju poljoprivrednog segmenta Fortenova grupe, čime je preuzela i kompaniju „Belje" u čijem sastavu mljekara posluje.

Ključne riječi: Agrokor, Baranja, Beli Manastir, Belje, Podravka, tvornica mliječnih proizvoda



Slika 1. Proizvodnja maslaca početkom 1970-tih godina (Foto: Expartprojekt, Ljubljana)



Slika 2. Trajno mlijeko „Kravica kraljica“ (https://www.belje.hr/o-nama/povijest-i-tradicija/)

History of industry in Baranja (7) - „Belje" - dairy products factory in Beli Manastir

MILAN IVANOVIĆ

PANON – Think Tank Strategic Studies, Vijenac Ivana Meštrovića 19, Osijek, Croatia

Corresponding author: panon.institut@gmail.com

Abstract

In the series of papers 'History of the Baranja Industry', this symposium deals with the beginnings and development of industry in the Croatian part of Baranja. This paper deals with the construction and operation of the "Belje" - Dairy Factory in Beli Manastir. This factory, which has been operating since its founding as a plant and an integral part of the Agricultural and Industrial Combine "Belje" was built in 1911 to accept and process milk produced on the then "Belje" estate. The two main products were butter and casein, while skimmed milk was returned to agricultural and livestock farms for livestock feed. Occasionally, some cottage cheese was also produced. The factory operated in difficult conditions during World Wars I and II. After World War II, there were two significant periods in the work of the Factory: the administrative period of the economic system in Yugoslavia, and the period of the market-planned economy. In the late 1960s, major investments were made in mechanization and automation, and four production lines were installed for: milk reception, butter production (Figure 1), cheese production and processed cheese production. In the mid-1980s, production began for "ABC" fresh cream cheeses, which became one of "Belje's" key brands. During the Homeland War (1991–1995), the factory remained operational and supplied the population in the UNTAES Eastern Sector (Baranja). In early 1998, as part of the reintegration process, all "Belje" facilities were returned to the company's parent management. In 2005, the factory, along with the entire "Belje" business complex, became part of the "Agrokor" concern; since April 2019, it has operated under "Belje plus" d.o.o. as part of the Fortenova Group. In early 2021, following Meggle's departure from Osijek, "Belje" took over the Osijek dairy plant, thereby keeping a factory with a 70-year tradition and cooperation with family farms producing milk across Slavonia and Baranja. The new "Kravica Kraljica" brand was created at that time (Figure 2). On 31 January 2025, the factory became part of the "Podravka" Group after "Podravka" finalized its acquisition of the Fortenova Group's agricultural segment, thereby acquiring the "Belje" company, which operates the dairy plant.

Key words: Agrokor, Baranja, Beli Manastir, Belje, Podravka, dairy factory



Figure 1. Butter production in the early 1970s (Photo: Expartprojekt, Ljubljana)



Figure 2. "Kravica kraljica" ("Queen cow") milk (https://www.belje.hr/o-nama/povijest-i-tradicija)

Povijest industrije Baranje (8) „Belje" - Tvornica stočne hrane u Dardi

MILAN IVANOVIĆ

PANON - Institut za strateške studije, Vijenac Ivana Meštrovića 19, Osijek

Dopisni autor: panon.institut@gmail.com

Sažetak

U seriji radova *'Povijest industrije Baranje'* na ovom simpoziju obrađuju se početci i razvoj industrije na području hrvatskog dijela Baranje. U ovom radu obrađuje se izgradnja i rad Tvornice stočne hrane (TSH) u Dardi. Objekti za uzgoj stoke građeni su na „Belju" između 1912. i 1914. u skladu s raspoloživim površinama. Nakon I. svjetskog rata dogradnjom se povećavaju kapaciteti i tako koncentrirana stočna proizvodnja (u objektima) omogućava bolji nadzor uzgoja te bolju ekonomiju proizvodnje. No, to je zahtijevalo i povećano doturanje stočne hrane; umjesto prehrane stoke na livadama stoka se hrani pripremljenom stočnom hranom. Miješanje i priprema stočne hrane obavljala se u dograđenim objektima (s više prostorija) nazivane „futer komore" pri pojedinim skupinama uzgoja stoke (goveda, svinja, konja, peradi). U prvoj prostoriji takvih objekata nalazila se parna lokomobila ili „Sau gas" motor (motor na upojni plin) s kojim se (putem transmisije) obavljalo više operacija u pripremi hrane; sjeckanje, drobljenje i miješanje krmiva, žitarica, sojine sačme i ribljeg brašna. Ovakav model uzgoja i prehrane stoke primjenjuje se i u narednim godinama - do sredine 1950.-tih. Na farmi svinja Brestovac 1954. izgrađena je mješaona stočne hrane, a u „Konkingradu" 1955. za potrebe uzgoja peradi izgrađena prva suvremena mješaona stočne hrane. Godine 1957. izgrađene su manje mješaone stočne hrane pri objektima uzgoja u Belom Manastiru, Karancu, Kneževu, Kozjaku i Mirkovcu. Godine 1963. započeti su radovi na izgradnji tvornice stočne hrane u Dardi koja je puštena u rad 1965., kada je proizvela 36.220 tona stočne hrane, a zapošljavala 164 radnika. Kasnijih godina rekonstrukcijama i dogradnjom povećan je kapacitet tvornice na 120.000 t godišnje. Tijekom Domovinskog rata (1991.-1995.) tvornica je proizvodila u nešto smanjenom obujmu, a početkom 1998. u procesu reintegracije UNTAES područja svi su pogoni „Belja" vraćeni pod matičnu upravu poduzeća. Tvornica je, kao i cijeli poslovni kompleks „Belja", 2005. postala dijelom koncerna „Agrokor", a od travnja 2019. radi u okviru „Belje plus" d.o.o. i posluje kao dio Fortenova grupe. Od 31. siječnja 2025. Tvornica je ušla u sastav Grupe „Podravka", kada je „Podravka" zaključila akviziciju poljoprivrednog segmenta Fortenova grupe, čime je preuzela i kompaniju „Belje" u čijem sastavu TSH posluje.

Ključne riječi: Agrokor, Baranja, „Belje", Darda, Podravka, proizvodnja stočne hrane



Pogon i silosi Tvornice stočne hrane u Dardi 1980-tih godina.

History of industry in Baranja (8) „Belje" – Animal feed factory in Darda

MILAN IVANOVIĆ

PANON – Think Tank Strategic Studies, Vijenac Ivana Meštrovića 19, Osijek, Croatia

Corresponding author: panon.institut@gmail.com

Abstract

The series of papers titled "History of Industry in Baranja," presented at this symposium, examines the origins and development of industry within the Croatian part of the Baranja region. This specific paper focuses on the construction and operation of the Animal Feed Factory (TSH) in Darda. Livestock rearing facilities were built at the Belje estate between 1912 and 1914, aligned with the available land area. Following World War I, capacity was expanded through new construction; this concentration of livestock production within facilities allowed for better oversight of rearing practices and improved production economics. However, this also necessitated an increased supply of animal feed; instead of grazing on meadows, the livestock were fed prepared feed mixtures. The mixing and preparation of feed took place in specialized annexes featuring multiple rooms known as "feed chambers", located near specific livestock groups (cattle, pigs, horses, and poultry). The first room of such a facility housed a steam traction engine or a suction gas engine, which powered via a transmission system various feed preparation operations, such as the chopping, crushing, and mixing of fodder, grains, soybean meal, and fish meal. This model of livestock rearing and feeding remained in use until the mid-1950s. A feed mixing plant was built at the Brestovac pig farm in 1954, while the first modern feed mixing plant designed to meet poultry farming needs was constructed at "Konkingrad" in 1955. In 1957, small animal feed mixing plants were built at livestock rearing facilities in Beli Manastir, Karanac, Kneževo, Kozjak, and Mirkovac. Construction of the animal feed factory in Darda began in 1963; it commenced operations in 1965 producing 36,220 t of animal feed that year and employing 164 workers. In subsequent years, reconstruction and expansion increased the factory's capacity to 120,000 t. During the Homeland War (1991–1995), the factory operated at a somewhat reduced capacity; in early 1998, during the reintegration process of the UNTAES-administered area, all "Belje" facilities were returned to the company's central management. In 2005, the factory, like the entire "Belje" business complex, became part of the "Agrokor" Group, and since April 2019, it has operated within "Belje plus" Ltd as part of Fortenova Group. On January 31, 2025, the factory became part of "Podravka" Group, following "Podravka's" acquisition of the Fortenova Group's agricultural segment, thereby taking over the "Belje" company, within which the animal feed factory operates.

Key words: Agrokor, Baranja, "Belje", Darda, Podravka, animal feed production



Production facilities and silos of the Animal feed factory in Darda in the 1980s.

Plastika na vrhu: Učestalost, obilježja te izazovi istraživanja mikroplastike u grabljivicama

SARA JANUŠ*, MIRNA VELKI, DORA BJEDOV

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek (*student)

Dopisni autor: sara.janus@biologija.unios.hr

Sažetak

Mikroplastika (MP) široko je rasprostranjeno zagađivalo kopnenih ekosustava, no njihova prisutnost u grabljivicama relativno je slabo istražena. Zbog visokog trofičkog položaja i različitih strategija hranjenja, grabljivice mogu biti korisne za praćenje prijenosa plastičnog zagađenja kroz kopnene hranidbene mreže. Cilj ovog pregleda je objediniti postojeće spoznaje o MP-u i drugim antropogenim plastičnim česticama u grabljivicama, s naglaskom na učestalost, morfologiju čestica i polimerni sastav. Literatura je pretražena korištenjem Scopusa, ResearchGatea i Google Scholara, a u završnu analizu uključeno je 20 znanstvenih radova. MP i druge plastične čestice utvrđene su u gvalicama, sadržaju probavnog sustava i fecesu, pri čemu se učestalost znatno razlikovala među vrstama i istraživanjima. U jednom istraživanju MP nije utvrđen kod ušare (*Bubo bubo*), male ušare (*Asio otus*) ni kukuvije (*Tyto alba*) (n = 1, 2 i 5), dok su u drugom istraživanju svi analizirani primjerci prugastog škanjca (*Buteo lineatus*, n = 28), bukoča (*Pandion haliaetus*, n = 16) i prugaste sove (*Strix varia*, n = 8) bili pozitivni. Među istraživanjima koja su navela dominantan oblik čestica (n = 18), vlakna su prevladavala u 11 (61,1 %), fragmenti u četiri (22,2 %), plošne plastične čestice u dva (11,1 %), a filmovi u jednom istraživanju (5,6 %). Među kemijski identificiranim polimerima, polietilen (PE), uključujući polietilen niske gustoće (LDPE) i polietilen visoke gustoće (HDPE), zabilježen je u pet istraživanja, dok su polipropilen (PP), polietilen-tereftalat (PET), polivinil-klorid (PVC) i poliamid (PA)/najlon zabilježeni u po tri. U istraživanjima koja su abundanciju izražavala kao broj čestica po peletu, srednje vrijednosti kretale su se od 0,85 do 15,0 MP/pelet; u ostalima su korištene jedinice po jedinki ili gramu, što onemogućuje jedinstvenu objedinjenu procjenu. Rezultati potvrđuju izloženost grabljivica plastičnom zagađenju, ali i veliku metodološku varijabilnost. Standardizirano uzorkovanje, kemijska identifikacija i prikaz rezultata potrebni su za bolju usporedivost i procjenu ekološkog značenja MP-a u grabljivicama.

Ključne riječi: mikroplastika, grabljivice, prevalencija, vlakna, polimeri, biomonitoring

Plastic at the top: Occurrence, characteristics and research challenges of microplastics in birds of prey

SARA JANUŠ*, MIRNA VELKI, DORA BJEDOV

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia (*student)

Corresponding author: sara.janus@biologija.unios.hr

Abstract

Microplastics (MPs) are widespread pollutants of terrestrial ecosystems, yet their presence in birds of prey remains relatively understudied. Due to their high trophic position and diverse feeding strategies, raptors may be useful for tracking plastic pollution through terrestrial food webs. This review aimed to synthesise evidence on MPs and other anthropogenic plastic particles in birds of prey, focusing on occurrence, particle morphology and polymer composition. The literature was searched using Scopus, ResearchGate and Google Scholar, and 20 scientific papers were included. MPs and other plastic particles were detected in regurgitated pellets, gastrointestinal contents and faeces, with occurrence varying markedly among species and studies. No MPs were detected in Eurasian eagle-owls (*Bubo bubo*), Northern long-eared owls (*Asio otus*) or Common barn-owls (*Tyto alba*) in one study (n = 1, 2 and 5), whereas all examined red-shouldered hawks (*Buteo lineatus*, n = 28), ospreys (*Pandion haliaetus*, n = 16) and barred owls (*Strix varia*, n = 8) were positive in another. Among studies reporting a dominant particle form (n = 18), fibres predominated in 11 (61.1%), fragments in four (22.2%), sheet-like plastics in two (11.1%) and films in one (5.6%). Among chemically identified polymers, polyethylene (PE), including low-density polyethylene (LDPE) and high-density polyethylene (HDPE), was reported in five studies, while polypropylene (PP), polyethylene terephthalate (PET), polyvinyl chloride (PVC) and polyamide (PA)/nylon were each reported in three. Where abundance was expressed as particles per pellet, mean values ranged from 0.85 to 15.0 MPs/pellet; other studies used particles per individual or per gram, preventing a pooled estimate. Overall, the evidence confirms exposure of birds of prey to plastic pollution but reveals substantial methodological variability. Standardised sampling, chemical identification and reporting are needed to improve comparability and assess the ecological significance of MPs in raptors.

Key words: microplastics, birds of prey, prevalence, fibres, polymers, biomonitoring

Od herbarijskog lista do digitalnog zapisa: Digitalizacija herbarijske zbirke porodice Fabaceae Odjela za biologiju (Osijek)

MARTA JELINEK[1]*, MATIJA KARAPETRIĆ[1,2]*, LARA KOVAČ[1,2]*, MARINA BOČEK[1]*, TANJA ŽUNA PFEIFFER[1], DUBRAVKA ŠPOLJARIĆ MARONIĆ[1], NIKOLINA BEK[1], LJILJANA KRSTIN[1]

[1] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek (*student)
[2] Udruga studenata biologije Osijek – ZOA, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek

Dopisni autor: udrugazoa@gmail.com, marta.jelinek@biologija.unios.hr

Sažetak

Izrada digitalnih zbirki predstavlja ključan korak u suvremenoj botanici i istraživanjima, jer omogućuje trajnu zaštitu izvornog herbarijskog materijala od fizičkog propadanja, standardizirano bilježenje podataka o nalazištima i vremenu prikupljanja te brzu i jednostavnu dostupnost podataka znanstvenoj i stručnoj zajednici. Digitalizirane zbirke se koriste za taksonomske revizije, praćenje promjena u rasprostranjenosti vrsta kroz vrijeme uključujući širenje invazivnih vrsta i gubitak ugroženih vrsta, izradu floristićkih baza podataka, umrežavanje s međunarodnim platformama te u nastavne svrhe, kao referentni materijal za determinaciju i edukaciju studenata. Analizom do sada obrađene herbarijske zbirke Odjela za biologiju utvrđeno je da zbirka sadrži 1036 svojti, odnosno 1361 herbarijski primjerak. S obzirom na broj svojti, najzastupljenija porodica u zbirci je porodica Fabaceae (55 svojti) unutar koje su sačuvani primjerci iz ukupno 29 rodova među kojima su rodovi *Trifolium* (10) i *Lathyrus* (7) zastupljeni s najvećim brojem vrsta. Zabilježene vrste iz ove porodice se pojavljuju u različitim životnim oblicima, a najzastupljeniji su terofiti (17 vrsta). Među zabilježenim vrstama 12 ima ljekovita svojstva, a 15 je medonosno. Zabilježene su i dvije invazivne strane vrste u Hrvatskoj: *Amorpha fruticosa* te *Robinia pseudoacacia*. Također su unutar porodice sačuvani i primjerci koji s obzirom na status ugroženosti (Crveni popis divljih vrsta Hrvatske) pripadaju osjetljivim (VU) vrstama: *Anthyllis barba-jovis*, *Trifolium pannonicum* i *Trifolium resupinatum*. Dobiveni rezultati ukazuju na vrijednost herbariziranog biljnog materijala posebno primjeraka iz porodice Fabaceae koja čini značajni dio zbirke Odjela za biologiju te potvrđuju značaj zbirke kao vrijednog izvora podataka o biljnoj raznolikosti posebno istočnog dijela Hrvatske. Nastavak digitalizacije zbirke važan je korak u očuvanju herbarijskog materijala, sustavnom bilježenju i dostupnosti podataka te stvaranju temelja za buduća floristička, ekološka, taksonomska i konzervacijska istraživanja.

Ključne riječi: herbarij, bioraznolikost, invazivne biljke, osjetljive vrste

From herbarium sheet to digital record: Digitization of the herbarium collection of the family Fabaceae at the Department of Biology (Osijek)

MARTA JELINEK[1]*, MATIJA KARAPETRIĆ[1,2]*, LARA KOVAČ[1,2]*, MARINA BOČEK[1]*, TANJA ŽUNA PFEIFFER[1], DUBRAVKA ŠPOLJARIĆ MARONIĆ[1], NIKOLINA BEK[1], LJILJANA KRSTIN[1]

[1] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia (*student)
[2] Biology Students Association - ZOA, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia

Corresponding author: udrugazoa@gmail.com, marta.jelinek@biologija.unios.hr

Abstract
The development of digital collections is a key step in modern botany and botanical research, as it enables the long-term preservation of original herbarium material from physical deterioration, standardised recording of data on collection localities and dates, and rapid, easy access to data for scientific and professional communities. Digitised collections are used for taxonomic revisions, monitoring changes in species distributions over time, including the spread of invasive species and the loss of threatened species, developing floristic databases, networking with international platforms, and for educational purposes as reference material for species identification and student training. Analysis of the herbarium collection of the Department of Biology processed to date revealed 1,036 taxa represented by 1,361 herbarium specimens. In terms of the number of taxa, the family Fabaceae is the most represented in the collection, comprising 55 taxa. Within this family, specimens belonging to 29 genera have been preserved, with *Trifolium* (10 species) and *Lathyrus* (7 species) represented by the highest numbers of species. The recorded species of this family exhibit different life forms, with therophytes being the most common (17 species). Among the recorded species, 12 have medicinal properties, while 15 are melliferous. Two invasive alien species occurring in Croatia were also recorded: *Amorpha fruticosa* and *Robinia pseudoacacia*. The family also includes specimens of species classified as Vulnerable (VU) according to their conservation status in the Red List of Wild Species of Croatia: *Anthyllis barba-jovis*, *Trifolium pannonicum*, and *Trifolium resupinatum*. The results highlight the value of the herbarium material, particularly specimens belonging to the family Fabaceae, which constitute a significant part of the herbarium collection of the Department of Biology. They also confirm the importance of the collection as a valuable source of information on plant diversity, particularly in eastern Croatia. Further digitization of the collection therefore is an important step towards preserving herbarium material, systematically recording and making data accessible, and establishing a foundation for future floristic, ecological, taxonomic, and conservation research**.**

Key words: herbarium, biodiversity, invasive plants, vulnerable species

Procjena zaštitnog učinka ekstrakta hrastovih šiški na oksidativno oštećenje DNA

LIDIJA KALINIĆ[1], MARTIN BARBERIC[1]*, SELMA MLINARIĆ[1], MARTINA ŠRAJER GAJDOŠIK[2], VLATKA GVOZDIĆ[2]

[1] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek (*student)
[2] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek

Dopisni autor: lkalinic@biologija.unios.hr

Sažetak

Oksidativno oštećenje DNA posljedica je djelovanja reaktivnih kisikovih vrsta (ROS) i može doprinijeti genomskoj nestabilnosti i staničnoj disfunkciji. Fenolni spojevi biljnog podrijetla privukli su znatan interes kao potencijalni zaštitni agensi zbog svoje sposobnosti hvatanja reaktivnih kisikovih vrsta i keliranja iona prijelaznih metala. Hrastove šiške posebno su bogate hidrolizabilnim taninima i drugim fenolnim spojevima, što sugerira da njihovi ekstrakti mogu posjedovati značajna antioksidativna i DNA zaštitna svojstva. Cilj ovog istraživanja bio je procijeniti zaštitni potencijal ekstrakta hrastovih šiški protiv oksidativnog oštećenja DNA koristeći DNA nicking test. Oksidativno oštećenje izazvano je Fentonovom reakcijom koja uključuje ione željeza (Fe^{2+}) i vodikov peroksid (H_2O_2), što rezultira stvaranjem visoko reaktivnih hidroksilnih radikala sposobnih za induciranje lomova lanca DNA. Eksperimentalni sustav uključivao je netretirani plazmid pBR322, kao negativnu kontrolu i plazmidnu DNA izloženu Fentonovoj reakciji kao kontrolu oksidativnog oštećenja. Trolox, analog vitamina E i često korišteni referentni antioksidans, korišten je kao kontrola za usporedbu sa zaštitnom aktivnošću ekstrakta hrastovih šiški u različitim koncentracijama. Promjena u strukturi DNA praćena je pomoću gel elektroforeze promatrajući karakteristične obrasce migracije superzavojite, otvorene kružne (zarezane/nick) i linearne forme plazmidne DNA. Fentonova reakcija izazvala je konverziju nativne superzavojite forme plazmida u otvorenu kružnu i/ili linearnu formu potvrđujući osjetljivost DNA na oksidativno oštećenje posredovano hidroksilnim radikalima. Nasuprot tome, tretman ekstraktom hrastovih šiški smanjio je opseg degradacije plazmidne DNA, što ukazuje na njegov zaštitni učinak. Ovi rezultati ukazuju na potencijal istraživanog ekstrakta kao izvora prirodnih bioaktivnih spojeva sposobnih ograničiti oksidativno oštećenje DNA te ukazuju na potrebu daljnjih istraživanja zaštitnih mehanizama bioaktivnih sastojaka hrastovih šiški.

Ključne riječi: hrast, šiške, pBR322, Fenton, DNA nicking

Evaluation of the protective potential of knopper galls extracts against oxidative DNA damage

LIDIJA KALINIĆ[1], MARTIN BARBERIC[1]*, SELMA MLINARIĆ[1], MARTINA ŠRAJER GAJDOŠIK[2], VLATKA GVOZDIĆ[2]

[1] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia (*student)
[2] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Chemistry, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia

Corresponding author: lkalinic@biologija.unios.hr

Abstract
Oxidative damage to DNA is an important consequence of reactive oxygen species generation and may contribute to genomic instability and cellular dysfunction. Plant-derived phenolic compounds have attracted considerable interest as potential protective agents due to their ability to scavenge reactive oxygen species and chelate transition metal ions. Knopper galls are particularly rich in hydrolysable tannins and other phenolic constituents, suggesting that their extracts may possess significant antioxidant and DNA-protective properties. The present study aimed to evaluate the protective potential of knopper gall extract against oxidative DNA damage using a DNA nicking assay. The protective activity of the extract was investigated using the pBR322 plasmid. Oxidative DNA damage was generated through a Fenton-type reaction involving ferrous ions (Fe^{2+}) and hydrogen peroxide (H_2O_2), resulting in the formation of highly reactive hydroxyl radicals capable of inducing DNA strand breaks. The experimental system included untreated pBR322 plasmid as a negative control and plasmid DNA exposed to the Fenton reaction as an oxidative damage control. Trolox, a water-soluble analogue of vitamin E and commonly used reference antioxidant, was included at different concentrations for comparison with the protective activity of the gall extract. Increasing concentrations of the extract were subsequently evaluated in the same oxidative stress model. DNA integrity was assessed by agarose gel electrophoresis based on the characteristic migration patterns of the supercoiled, open circular (nicked), and linear forms of plasmid DNA. The Fenton reaction produced substantial conversion of the native supercoiled plasmid into relaxed and/or linear DNA forms, confirming the susceptibility of DNA to hydroxyl-radical-mediated oxidative damage. In contrast, treatment with knopper gall extract reduced the extent of plasmid DNA degradation, indicating a protective effect against oxidative strand damage. These findings demonstrate the potential of knopper galls extract as a source of naturally occurring antioxidant compounds capable of limiting oxidative DNA damage and warrant further investigation of its phenolic constituents and underlying protective mechanisms.

Key words: oak, galls, pBR322, Fenton, DNA nicking

Povezanost znanja i stavova učenika o održivom razvoju i očuvanju autohtonih sorti

MATIJA KARAPETRIĆ[1,2]*, MIA MATKOVIĆ[1,2]*, TAMARA ŠPOLJARIĆ[1,2]*, EMA ERDELJIĆ[2]*, MARIJA GELENČIR[2]*, IRENA LABAK[2], NATAŠA BUŠIĆ[2]

[1] Udruga studenata biologije Osijek – ZOA, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek
[2] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek
(*student)

Dopisni autor: matija.karapetric@biologija.unios.hr

Sažetak

Očuvanje autohtonih sorti i biljne raznolikosti važan je element održivog razvoja, a razumijevanje ovih pojmova kod djece osnovnoškolske dobi temelj je za razvoj odgovornog odnosa prema okolišu. Cilj istraživanja bio je ispitati znanje učenika o održivom razvoju i autohtonim sortama te utvrditi povezanost razine znanja s njihovim stavovima i ponašajnim namjerama povezanima s održivošću. Provedeno je istraživanje anketnim upitnikom u osnovnim školama Osječko – baranjske županije, u kojem je sudjelovalo 180 učenika od petog do osmog razreda (52,8 % učenica, 44,4 % učenika, 2,8 % nije navelo spol). Odgovori na pitanja znanja kodirani su kao točni ili netočni (odgovor „ne znam" svrstan je u netočne), dok su stavovi i ponašajne namjere procjenjivani ljestvicama od 1 do 5. Podaci su prikazani deskriptivnom statistikom, a razlike među razredima ispitane su χ^2 testom i Kruskal–Wallisovim testom, dok je povezanost znanja i odnosa prema održivosti ispitana Mann–Whitneyjevim U testom, uz Holmovu korekciju za višestruke usporedbe ($p < 0,05$). Točno značenje održivog razvoja prepoznalo je 61,1 % učenika, a značenje autohtonih sorti 63,9 %. Učenici su najveću važnost pridavali očuvanju autohtonog sjemena ($M = 4,07$; $Md = 4$), dok su najniže procijenili učestalost razmišljanja o utjecaju vlastitih navika na okoliš ($M = 3,23$; $Md = 3$). Nisu utvrđene statistički značajne razlike među razredima ni u točnosti odgovora ni u ispitanim pokazateljima odnosa prema održivosti ($p > 0,05$). Nakon Holmove korekcije, učenici koji su točno prepoznali autohtone sorte značajno su češće razmišljali o utjecaju vlastitih navika na okoliš ($p = 0,006$) i pridavali veću važnost očuvanju autohtonog sjemena ($p = 0,038$). Rezultati upućuju na umjereno poznavanje pojmova održivog razvoja i autohtonih sorti među učenicima osnovnoškolske dobi, neovisno o razredu koji pohađaju. Točnije prepoznavanje autohtonih sorti povezano je s izraženijim promišljanjem o vlastitom utjecaju na okoliš i većom vrijednošću koju učenici pridaju očuvanju autohtonog sjemena, što upućuje na potrebu ranog i sustavnog uvođenja edukativnih sadržaja o očuvanju biljne i kulturne raznolikosti u osnovnoškolski kurikulum.

Ključne riječi: autohtone sorte, održive prakse, znanje o okolišu, zeleno obrazovanje

Association between students' knowledge and attitudes regarding sustainable development and the preservation of autochthonous varieties

MATIJA KARAPETRIĆ[1,2]*, MIA MATKOVIĆ[1,2]*, TAMARA ŠPOLJARIĆ[1,2]*, EMA ERDELJIĆ[2]*, MARIJA GELENČIR[2]*, IRENA LABAK[2], NATAŠA BUŠIĆ[2]

[1] Biology Students Association – ZOA, Cara Hadrijana 8A, Osijek, Croatia
[2] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia (*student)

Corresponding author: matija.karapetric@biologija.unios.hr

Abstract
The preservation of autochthonous varieties and plant diversity is an important element of sustainable development, and children's understanding of these concepts during elementary school age forms the basis for developing a responsible attitude toward the environment. The aim of the study was to examine students' knowledge of sustainable development and autochthonous varieties and to determine the association between their level of knowledge and their sustainability-related attitudes and behavioral intentions. A cross-sectional survey study was conducted at an elementary school located in Osijek-Baranja County, Croatia, involving 180 students in grades 5 to 8 (52.8% female, 44.4% male, 2.8% did not report gender). Responses to knowledge questions were coded as correct or incorrect ("I don't know" answers were classified as incorrect), while attitudes and behavioral intentions were assessed on 1–5 scales. Data were presented using descriptive statistics; differences between grades were examined using the χ^2 test and the Kruskal–Wallis test, while the association between knowledge and sustainability-related attitudes was examined using the Mann–Whitney U test, with Holm correction applied for multiple comparisons ($p < 0.05$). The correct meaning of sustainable development was recognized by 61.1% of students, and the meaning of autochthonous varieties by 63.9%. Students placed the greatest importance on preserving autochthonous seeds ($M = 4.07$; $Md = 4$), while the frequency with which they reflected on the environmental impact of their own habits received the lowest rating ($M = 3.23$; $Md = 3$). No statistically significant differences were found between grades in either the accuracy of responses or the examined indicators of attitudes toward sustainability ($p > 0.05$). After Holm correction, students who correctly identified autochthonous varieties thought significantly more often about the impact of their own habits on the environment ($p = 0.006$) and attached greater importance to preserving autochthonous seeds ($p = 0.038$). The results indicate a moderate level of knowledge about sustainable development and autochthonous varieties among elementary school students, regardless of grade level. Better knowledge of autochthonous varieties was associated with greater reflection on personal environmental impact and a higher value placed on seed preservation, highlighting the importance of the early and systematic integration of educational content on agrobiodiversity and sustainability into the elementary school curriculum.

Key words: autochthonous varieties, green education, sustainability attitudes, sustainable practices

Učinci srebrnih nanočestica i iona srebra na razvoj i morfološka obilježja juvenilnih jedinki gupija (*Poecilia reticulata* Peters, 1859)

KACPER KAWALSKI[1]*, MACIEJ KAMASZEWSKI[1], JAKUB MARTYNOW[1]*, HUBERT SZUDROWICZ[1], DOBROCHNA ADAMEK-URBAŃSKA[1], WIKTORIA CIEŚLA[1], BOGUMIŁ ŁOSIEWICZ[1,2]*

[1] Sveučilište prirodnih znanosti u Varšavi, Fakultet za bioekonomiju i prehrambene sustave, Zavod za biologiju okoliša životinja, Ciszewskiego 8/23, Varšava, Poljska (*student Doktorskog studija)
[2] Poljska akademija znanosti, Kielanowski institut za animalnu fiziologiju i prehranu, Zavod za genetičko inženjerstvo, Instytucka 3, Jabłonna, Poljska

Dopisni autor: maciej_kamaszewski@sggw.edu.pl

Sažetak:
Sve veća primjena srebrnih nanočestica (AgNP) izaziva zabrinutost zbog njihovog potencijalnog učinaka na vodene organizme, osobito tijekom ranih razvojnih stadija. Cilj ovog istraživanja bio je ispitati učinke AgNP-a i iona srebra na rast, morfologiju i spolni razvoj juvenilnih jedinki gupija (*Poecilia reticulata* Peters, 1859) tijekom prvih 60 dana nakon izlijeganja. Ribe su bile izložene AgNP-ima u koncentracijama od 0,01; 0,05; 0,1 i 1 ppm, dok su koncentracije od 1 ppm iona srebra i netretirana kontrolna skupina korišteni za usporedbu. Na kraju izlaganja ribe su eutanazirane, izmjerene i izvagane, nakon čega je provedena histološka analiza cijelih jedinki. Najviša smrtnost, od približno 40 %, zabilježena je u skupinama izloženima koncentraciji od 1 ppm AgNP-a i iona srebra, u usporedbi s približno 10 % u kontrolnoj skupini. Izloženost AgNP-ima u koncentracijama od 0,05; 0,1 i 1 ppm bila je povezana s odgođenim razvojem sekundarnih spolnih obilježja, pri čemu je više od 70 % jedinki ostalo spolno nediferencirano. Parametri rasta također su se razlikovali među tretmanima. Ribe izložene navedenim koncentracijama AgNP-a imale su najmanju tjelesnu masu, pri čemu je najniža prosječna vrijednost od 0,029 ± 0,023 g zabilježena pri koncentraciji od 0,05 ppm. Unatoč manjoj masi, jedinke iz ovih skupina uglavnom su imale veću duljinu tijela, pri čemu je najviša prosječna vrijednost iznosila 11,68 ± 3,31 mm, što je premašilo vrijednost zabilježenu u kontrolnoj skupini. Suprotno tome, skupina izložena 0,05 ppm AgNP-a imala je najmanju ukupnu duljinu tijela (12,59 ± 2,00 mm). Histološke analize pokazale su značajno manje hepatocite i smanjenu visinu crijevnih nabora u svim izloženim skupinama u usporedbi s kontrolom. Dobiveni rezultati ukazuju da izloženost AgNP-ima tijekom ranog razvoja može negativno utjecati na obrasce rasta, morfologiju tkiva i spolno sazrijevanje vrste *P. reticulata*. Uočeni odgovori također ukazuju na mogućnost razvojnih učinaka srebrnih nanočestica koji nisu nužno vidljivi samo na temelju konvencionalnih pokazatelja rasta.

Ključne riječi: toksikologija slatkovodnih sustava, razvojna toksičnost, spolno sazrijevanje, histopatologija

Effects of silver nanoparticles and silver ions on developmental and morphological abnormalities in juvenile guppies (*Poecilia reticulata* Peters, 1859)

KACPER KAWALSKI[1]*, MACIEJ KAMASZEWSKI[1], JAKUB MARTYNOW[1]*, HUBERT SZUDROWICZ[1], DOBROCHNA ADAMEK-URBAŃSKA[1], WIKTORIA CIEŚLA[1], BOGUMIŁ ŁOSIEWICZ[1,2]*

[1] Warsaw University of Life Sciences, Faculty of Bioeconomy and Food Systems, Department of Animal Environment Biology, Ciszewskiego 8/23, Warsaw, Poland (*PhD student)
[2] Polish Academy of Sciences, Kielanowski Institute of Animal Physiology and Nutrition, Department of Genetic Engineering, Instytucka 3, Jabłonna, Poland

Corresponding author: maciej_kamaszewski@sggw.edu.pl

Abstract

The increasing use of silver nanoparticles (AgNPs) has raised concerns regarding their potential effects on aquatic organisms, particularly during early developmental stages. This study investigated the effects of AgNPs and silver ions on growth, morphology, and sexual development in guppy (*Poecilia reticulata*) juveniles during the first 60 days following hatching. Fish were exposed to AgNPs at concentrations of 0.01, 0.05, 0.1, and 1 ppm, while 1 ppm silver ions and an unexposed control were used for comparison. At the end of the exposure period, fish were euthanized, measured and weighed, followed by histological examination of whole-body specimens. The highest mortality, reaching approximately 40%, was recorded in the 1 ppm AgNPs and silver ion groups, compared with approximately 10% in the control. Exposure to 0.05, 0.1, and 1 ppm AgNPs was associated with delayed development of secondary sexual characteristics, with more than 70% of individuals remaining sexually undifferentiated. Growth parameters also varied among treatments. Fish exposed to these three AgNP concentrations had the lowest body mass, with the minimum mean value of 0.029 ± 0.023 g recorded at 0.05 ppm. Despite their lower mass, individuals from these treatments generally exhibited greater body length, with the highest mean value of 11.68 ± 3.31 mm, exceeding that observed in the control group. In contrast, the 0.05 ppm AgNP group showed the lowest total length (12.59 ± 2.00 mm). Histological analyses revealed significantly smaller hepatocytes and reduced intestinal fold height in all exposed groups compared with the control. Overall, the results indicate that exposure to AgNPs during early development can adversely affect growth patterns, tissue morphology, and sexual maturation in *P. reticulata*. The observed responses also suggest that silver nanoparticles may induce developmental effects that are not necessarily reflected by conventional growth measurements alone.

Key words: aquatic toxicology, developmental toxicity, sexual maturation, histopathology

Utjecaj umjetnog noćnog osvjetljenja na duljinu tijela ličinki zelene krastače (*Bufotes viridis*)

KRISTINA KIŠ*, LORA KRČMAR*, OLGA JOVANOVIĆ GLAVAŠ

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek (*student)

Dopisni autor: ojovanovic@biologija.unios.hr

Sažetak

Svjetlosno onečišćenje predstavlja sve izraženiji antropogeni pritisak na prirodne ekosustave jer umjetna rasvjeta tijekom noći narušava prirodnu izmjenu svjetla i tame. Takve promjene prirodnog fotoperioda mogu utjecati na ponašanje, rast, razvoj i fiziološke procese brojnih organizama. Vodozemci mogu biti posebno osjetljivi na promjene svjetlosnih uvjeta jer se njihovi rani razvojni stadiji često odvijaju u plitkim vodenim staništima izloženima utjecaju umjetne rasvjete. Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj različitih tipova umjetnog noćnog osvjetljenja na rast ličinki zelene krastače (*Bufotes viridis*), procijenjen mjerenjem duljine tijela od vrha njuške do kloakalnog otvora (SVL, snout–vent length). Ukupno 150 ličinki raspoređeno je u tri svjetlosna tretmana s po 50 jedinki, u 15 eksperimentalnih posuda. U svakoj posudi nalazilo se deset ličinki, a po pet posuda smješteno je u svaku od tri tamne komore. Kontrolni tretman uključivao je 12 sati dnevnog svjetla i 12 sati tame. U druga dva tretmana primijenjen je jednak dnevni fotoperiod, dok su ličinke tijekom 12-satnog noćnog razdoblja bile izložene toplom odnosno hladnom LED svjetlu. Nakon dvotjednog izlaganja završni SVL izmjeren je pomoću milimetarskog papira. Prosječni SVL iznosio je 12,11 ± 0,63 mm u kontrolnom tretmanu, 12,18 ± 0,59 mm u tretmanu toplim te 12,57 ± 1,29 mm u tretmanu hladnim noćnim svjetlom. Iako je najveća prosječna vrijednost SVL-a zabilježena u hladnom tretmanu, statistička analiza nije pokazala značajne razlike među tretmanima. U hladnom tretmanu zabilježena je i najveća varijabilnost vrijednosti SVL-a među eksperimentalnim replikama. Dobiveni rezultati pokazuju da dvotjedna izloženost toplom ili hladnom umjetnom noćnom osvjetljenju u primijenjenim eksperimentalnim uvjetima nije značajno utjecala na završnu duljinu tijela ličinki *B. viridis*. Buduća istraživanja trebala bi uključiti dulje razdoblje izlaganja, veći broj neovisnih legala i eksperimentalnih jedinica te dodatne pokazatelje rasta, razvoja, preživljavanja i fiziološkog odgovora.

Ključne riječi: svjetlosno onečišćenje, ličinke vodozemaca, SVL, rast

Effect of artificial light at night on body length of European green toad (*Bufotes viridis*) larvae

KRISTINA KIŠ*, LORA KRČMAR*, OLGA JOVANOVIĆ GLAVAŠ

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia (*student)

Corresponding author: ojovanovic@biologija.unios.hr

Abstract

Light pollution represents an increasingly significant anthropogenic pressure on natural ecosystems, as artificial light at night disrupts the natural alternation of light and darkness. Such changes in the natural photoperiod may affect behaviour, growth, development, and physiological processes of numerous organisms. Amphibians may be particularly sensitive to changes in light conditions because their early developmental stages often occur in shallow aquatic habitats exposed to artificial light. The aim of this study was to determine the effects of different types of artificial light at night on the growth of European green toad (*Bufotes viridis*) larvae, assessed by measuring body length from the tip of the snout to the cloacal opening (SVL, snout–vent length). A total of 150 larvae were divided in three light treatments, with 50 individuals per treatment, and 15 experimental containers, with ten larvae in each container. Five containers were placed in each of the three dark chambers. The control treatment was exposed to 12 hours of daylight followed by 12 hours of darkness. In the other two treatments, the same daytime photoperiod was applied, while during the 12-hour nighttime period the larvae were exposed to either warm or cool LED light. After two weeks of exposure, final SVL was measured using millimeter paper. Mean SVL was 12.11 ± 0.63 mm in the control treatment, 12.18 ± 0.59 mm in the warm-light treatment, and 12.57 ± 1.29 mm in the cool-light treatment. Although the highest mean SVL was recorded in the cool-light treatment, statistical analysis showed no significant differences among treatments. The greatest variability in SVL values among experimental replicates was also observed in the cool-light treatment. The results indicate that, under the applied experimental conditions, two weeks of exposure to either warm or cool artificial light at night did not significantly affect the final body length of *B. viridis* larvae. Future studies should include longer exposure periods, higher number of independent clutches and experimental units, as well as additional indicators of growth, development, survival, and physiological responses.

Key words: light pollution, amphibian larvae, SVL, growth

Raznolikost vodencvjetova (Ephemeroptera, Insecta) u porječjima Drave i Dunava na području Slavonije

LIDIJA KLADARIĆ[1], RENATA ĆUK[1], MAJA CELINŠĆAK[1], YANKA VIDINOVA[2], ALEKSANDAR POPIJAČ[3]

[1] Institut za vode „Josip Juraj Strossmayer", Ulica grada Vukovara 220, Zagreb
[2] Bugarska akademija znanosti, Institut za bioraznolikost i istraživanje ekosustava, Ulica Jurija Gagarina 2, Sofija, Bugarska
[3] Javna ustanova „Park prirode Žumberak–Samoborsko gorje", Sošice 25B, Sošice, Croatia

Dopisni autor: lidija.kladaric@institutjjs.hr

Sažetak

Vodencvjetovi (Ephemeroptera), drevni su red kukaca čiji fosilni ostaci sežu u razdoblja ranog karbona i kasnog perma. Većinu svog životnog ciklusa provode u stadiju vodene ličinke, dok odrasli oblici žive kratko i često se pojavljuju u velikim rojevima. Vodencvjetovi imaju hemimetabolni životni ciklus i jedinstveni po tome što prolaze kroz dodatno presvlačenje nakon postizanja stadija odraslog kukca s krilima. U vodenim ekosustavima njihove ličinke imaju važnu ulogu u kruženju tvari kao primarni potrošači, hrane se perifitonom, makrofitima i biljnim otpadom, a istovremeno služe kao važan izvor hrane brojnim grabežljivcima. Zbog svoje osjetljivosti na promjene uvjeta u okolišu, posebice dostupnost kisika i pH vode, vrijedni su pokazatelji kakvoće vode. Istovremeno, izlijetanje vodenih kukaca može omogućiti prijenos i bioakumulaciju onečišćujućih tvari iz vodenih u kopnene hranidbene mreže, uključujući teške metale, farmaceutike i spojeve koji narušavaju rad endokrinog sustava. Do danas je u svijetu zabilježeno oko 3700 vrsta vodencvjetova, svrstanih u 460 rodova i 40 porodica. U Europi i sjevernoj Africi poznato je 369 vrsta, dok je za Hrvatsku, na temelju literaturnih podataka i novijih istraživanja, zabilježeno 85 vrsta. Ovo istraživanje pruža pregled raznolikosti faune vodencvjetova u slavonskom dijelu slivova rijeka Dunava i Drave u Hrvatskoj. Procjena se temelji na objavljenoj literaturi, podacima iz hrvatskog nacionalnog programa praćenja stanja voda te na vlastitim istraživanjima. U slivovima Drave i Dunava na području Slavonije (isključujući sliv Save) utvrđeno je ukupno 59 vrsta, pri čemu većina pripada porodicama Baetidae i Heptagenidae. Nalazi sedam vrsta novih za hrvatsku faunu ukazuju na nedovoljno istraženu raznolikost vodencvjetova u ovoj regiji. Uz značajne antropogene pritiske poput poljoprivrede i urbanizacije, istraživano područje obilježava i prisutnost brojnih alohtonih vrsta, osobito u velikim rijekama Dunavu i Dravi, što predstavlja dodatnu prijetnju autohtonoj vodenoj fauni. Sveobuhvatno poznavanje regionalne bioraznolikosti ključno je za procjenu ekološkog stanja te za razvoj učinkovitih mjera očuvanja autohtonih vrsta i vodenih ekosustava.

Ključne riječi: raznolikost vrsta, nova vrsta, Panonska nizinska ekoregija, kopnene vode

Diversity of Mayflies (Ephemeroptera, Insecta) in the Drava and Danube River catchments of Slavonia

LIDIJA KLADARIĆ[1], RENATA ĆUK[1], MAJA CELINŠĆAK[1], YANKA VIDINOVA[2], ALEKSANDAR POPIJAČ[3]

[1] Josip Juraj Strossmayer Water Institute, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb, Croatia
[2] Bulgarian Academy of Sciences Institute of Biodiversity and Ecosystem Research Sofia, Bulgaria, 2 Gagarin Street, Sofia, Bulgaria
[3] Public Institution Žumberak–Samoborsko gorje Nature Park, Sošice 25B, Sošice, Croatia

Corresponding author: lidija.kladaric@institutjjs.hr

Abstract

Mayflies (Ephemeroptera) are an ancient insect order, with the fossil record dating back to the Early Carboniferous and Late Permian. They spend most of their life cycle in the aquatic larval stage, while adults are short-lived and often emerge in large swarms. Mayflies have a hemimetabolous life cycle and are unique among insects in undergoing an additional moult after reaching the winged adult stage. In aquatic ecosystems, mayfly larvae play an important role in nutrient cycling as primary consumers, feeding on periphyton, macrophytes and leaf litter, while also serving as an important food source for numerous predators. Their sensitivity to changes in environmental conditions, particularly oxygen availability and acidity, makes them valuable indicators of water quality. At the same time, the emergence of aquatic insects can facilitate the transfer and bioaccumulation of contaminants, including heavy metals, pharmaceuticals and endocrine-disrupting compounds, from aquatic to terrestrial food webs. To date, around 3700 mayfly species have been recorded worldwide, belonging to 460 genera and 40 families. In Europe and North Africa, 369 species are known, while 85 species have been reported from Croatia based on literature data and recent studies. This study provides an overview of mayfly diversity in the Slavonian part of the Danube and Drava River basins in Croatia. The assessment is based on published literature, data from the Croatian national aquatic monitoring programme and individual research. In the Drava and Danube River Catchments of Slavonia, excluding Sava River Catchment, a total of 59 species were identified, with the majority belonging to the families Baetidae and Heptagenidae. The records of seven species new to the Croatian fauna highlight the insufficiently explored mayfly diversity of this region. In addition to major anthropogenic pressures such as agriculture and urbanisation, the study area is also characterised by the occurrence of numerous non-native species, particularly in the large rivers, Danube and Drava, which pose an additional threat to native aquatic fauna. Comprehensive knowledge of regional biodiversity is essential for assessing ecological status and developing effective measures for the conservation of native species and aquatic ecosystems.

Key words: species diversity, new species, Pannonian lowland ecoregion, freshwater

Nova hrana i alternativni proteini u održivom prehrambenom sustavu

ANA-MARIJA KLARIĆ, MARINA TIŠMA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Ulica Franje Kuhača 18, Osijek

Dopisni autor: aklaric@ptfos.hr

Sažetak

Smanjenje otpada od hrane i učinkovitije korištenje raspoloživih resursa predstavljaju važan korak prema razvoju održivijih prehrambenih sustava. Brojni nusproizvodi prehrambene i poljoprivredne industrije često sadrže značajne količine ugljikohidrata, proteina, prehrambenih vlakana i drugih vrijednih sastojaka te mogu poslužiti kao supstrati za biotehnološku proizvodnju novih prehrambenih sastojaka. Jedan od takvih nusproizvoda su repini rezanci, koji nastaju tijekom prerade šećerne repe i predstavljaju potencijalno vrijedan supstrat za uzgoj filamentoznih gljiva. Cilj istraživanja bio je ispitati mogućnost biološke obrade repinih rezanaca filamentoznom gljivom *Ganoderma lucidum* u svrhu proizvodnje nutritivno obogaćenog materijala koji bi se mogao koristiti kao novi prehrambeni sastojak bogat mikoproteinima. U okviru istraživanja provedena je fermentacija na čvrstim nosačima, pri čemu su primjenom metodologije odzivnih površina ispitani i optimirani procesni parametri (masa supstrata, udio inokuluma, temperatura i vrijeme fermentacije) u svrhu postizanja maksimalne koncentracije proteina. Kao optimalni procesni uvjeti definirani su: *m* (supstrata) = 30 g, *inokulum* = 9 diskova, *T* = 30 °C te *t* = 30 dana. Analizom kemijskog sastava biološki obrađenog materijala utvrđeno je značajno poboljšanje njegove nutritivne vrijednosti. Koncentracija proteina povećana je 1,57 puta, dok su koncentracije pojedinih aminokiselina povećane kako slijedi: lizina približno 20 puta, leucina 151 put te fenilalanina 120 puta u odnosu na neobrađeni materijal. Dobiveni rezultati ukazuju na potencijal biološke obrade repinih rezanaca pomoću *G. lucidum* za povećanje njihove nutritivne vrijednosti i proizvodnju materijala obogaćenog gljivičnom biomasom.

Ključne riječi: mikroproteini, fermentacija, nutritivna vrijednost, hrana

Novel food and alternative proteins in a sustainable food system

ANA-MARIJA KLARIĆ, MARINA TIŠMA

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Food Technology Osijek, Ulica Franje Kuhača 18, Osijek, Croatia

Corresponding author: aklaric@ptfos.hr

Abstract

Reducing food waste and using available resources more efficiently are important steps towards developing more sustainable food systems. Numerous by-products of the food and agricultural industries contain significant amounts of carbohydrates, proteins, dietary fibre and other valuable ingredients, and can serve as substrates for the biotechnological production of new food ingredients. One such by-product is beet pulp, which is generated during sugar beet processing and represents a potentially valuable substrate for the cultivation of filamentous fungi. The aim of the study was to investigate the possibility of utilizating biological treatment of sugar beet pulp with the filamentous fungus *Ganoderma lucidum* for the purpose of producing nutritionally enriched material that could be used as a new food ingredient rich in mycoproteins. As part of the research, solid-state fermentation was carried out, where the process parameters (substrate mass, inoculum amount, temperature and fermentation time) were optimised using response surface methodology in order to achieve the maximum protein concentration. The optimal process conditions are defined as: *m* (substrate) = 30 g, *inoculum* = 9 disks, *T* = 30 °C and *t* = 30 days. Chemical composition analysis of the biologically treated material showed a significant improvement in its nutritional value. The protein concentration increased 1.57 times, while the concentrations of individual amino acids increased as follows: lysine approximately 20 times, leucine 151 times and phenylalanine 120 times compared to untreated material. The results obtained indicate the potential of biological treatment of sugar beet pulp using *G. lucidum* to increase its nutritional value and produce material enriched with fungal biomass.

Key words: microproteins, fermentation, nutritional value, food

Stavovi o umjetnoj inteligenciji (UI) i njenoj ulozi u unapređenju upravljanja okolišem među posjetiteljima MUZZA-e

OLGICA KLEPAČ, ANKICA SARAJLIĆ, DAVID KRANJAC, IVANA MAJIĆ

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Ulica Vladimira Preloga 1, Osijek

Dopisni autor: oklepac@fazos.hr

Sažetak

Umjetna inteligencija i alati temeljeni na njoj izvjesni su alati budućnosti čiji se potencijali za automatizirano odlučivanje i prediktivnu analitiku sve više koriste u područjima kompleksnog upravljanja. Najizrazitiji pozitivni učinci UI očekuju se u rješavanju globalnih problema, posebice ekoloških i klimatskih. Cilj istraživanja je bio ispitati stavove o UI, i percepcije o prednostima i potencijalnim ulogama UI u društvu s fokusom na potencijal korištenja UI u upravljanju okolišem. Rezultati pokazuju da je prepoznata uloga UI u podizanju kvalitete života, prvenstveno kroz osiguravanje usluga, te u upravljanju okolišem, pri analizi agroekoloških podataka i procjenama okolišnih promjena. Nenadmašnom prednošću UI vidi se brza obrada velikih količina podataka uz značajnu uštedu vremena.

Ključne riječi: umjetna inteligencija, ispitivanje stavova, klimatske promjene, upravljanje okolišem

Zahvala: Istraživanje je provedeno u sklopu projekta *Wetland and Wildlife Monitoring Using Technology and Acoustics* (WatchOut) (2022.-2026.) uz potporu tvrtke Huawei Technologies d.o.o. u okviru programa TECH4ALL Nature Guardian.

Attitudes towards artificial intelligence (AI) and its role in improving environmental management among MUZZA visitors

OLGICA KLEPAČ, ANKICA SARAJLIĆ, DAVID KRANJAC, IVANA MAJIĆ

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Ulica Vladimira Preloga 1, Osijek, Croatia

Corresponding author: oklepac@fazos.hr

Abstract
AI and tools based on it are certain tools of the future whose potential for automated decision-making and predictive analytics is increasingly being used in the areas of complex management. The most pronounced positive effects of AI are expected in solving global problems, especially environmental and climate problems. The aim of the research was to examine attitudes towards AI, and perceptions of the advantages and potential roles of AI in society, with a focus on the potential of using AI in ecological management. The results show that the role of AI in improving the quality of life, primarily through the provision of services, and in ecological management, in the analysis of agro-ecological data and assessments of environmental changes, has been recognized. The unsurpassed advantage of AI is the rapid processing of large amounts of data with significant time savings.

Key words: artificial intelligence, survey, climate change, environmental management

Acknowledgment: This research was conducted as part of the project *Wetland and Wildlife Monitoring Using Technology and Acoustics* (WatchOut) (2022–2026), supported by Huawei Technologies Ltd. within the TECH4ALL Nature Guardian programme.

Održivo upravljanje Gajnom: Poplavni pašnjak, autohtone hrvatske pasmine i očuvanje bioraznolikosti

ZORAN KOMESAROVIĆ*

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet za odgojne i obrazovne znanosti, Ulica cara Hadrijana 10, Osijek (*student doktorskog studija Obrazovne znanosti i perspektive obrazovanja)

Dopisni autor: zorankomesarovic@gmail.com

Sažetak

Gajna je poplavni pašnjak uz rijeku Savu u kojem se nadopunjuje prirodna dinamika i tradicijsko korištenje prostora. U Planu upravljanja područjem ekološke mreže Natura 2000 PPOVS HR2000427 Gajna (PU 021), Gajna se opisuje kao značajni krajobraz zaštićen 1990. godine, smješten između Oprisavaca i Poljanaca, važan zbog svoje karakteristične flore, faune i krajobrazne vrijednosti. Cilj izlaganja ovog preglednog rada je prikazati Gajnu kao primjer prostora u kojem se zaštita okoliša, očuvanje bioraznolikosti i održivo korištenje prirodnih dobara međusobno povezuju kroz tradicijsku ispašu, upravljanje vodom i održavanje otvorenih staništa. Gajna je prepoznatljiva po nekoliko povezanih obilježja: poplavnom prisavskom pašnjaku, vlažnim i travnjačkim staništima, povremenom zadržavanju vode u depresijama, prisutnosti izvornih pasmina te potrebi stalnog održavanja otvorenog krajobraza. Travnjaci na području ekološke mreže Gajna koriste se za ispašu stoke, pri čemu se osobito ističu autohtone hrvatske pasmine: slavonsko-srijemsko podolsko govedo, crna slavonska svinja, turopoljska svinja, posavski konj, ovca cigaja, kao i hrvatski ovčar. Te se prakse povezuju s održavanjem bioraznolikosti, sprječavanjem sukcesije i ograničavanjem širenja stranih i invazivnih biljnih vrsta. Ornitološka istraživanja pokazuju da se vrijednost Gajne može promatrati i kroz raznolikost ptičjih zajednica, pri čemu su na Gajni zabilježene 117 vrsta ptica, a sastav ornitofaune povezuje se s vodnim depresijama, pašnjacima, travnjacima i načinom upravljanja prostorom. Zaključno, Gajna se može promatrati kao primjer prostora u kojem se ekološke vrijednosti, tradicijsko korištenje i održivo upravljanje međusobno povezuju. Očuvanje poplavnog pašnjaka proizlazi iz održavanja otvorenih staništa, primjerene ispaše, košnje, upravljanja vodom i suradnje lokalnih dionika. U tom okviru autohtone hrvatske pasmine imaju ulogu u očuvanju krajobrazne i biološke raznolikosti, ali i u povezivanju prirodne i kulturne baštine područja.

Ključne riječi: bioraznolikost, Gajna, održivost, poplavni pašnjak, zaštita okoliša

Sustainable management of Gajna: Floodplain pasture, indigenous Croatian breeds, and biodiversity conservation

ZORAN KOMESAROVIĆ*

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Education, Ulica cara Hadrijana 10, Osijek, Croatia (*PhD student of the Doctoral Programme in Educational Sciences and Perspectives in Education)

Corresponding author: zorankomesarovic@gmail.com

Abstract

Gajna is a floodplain pasture along the Sava River, where natural dynamics and traditional land use complement one another. The Management Plan for the Natura 2000 ecological network site SAC HR2000427 Gajna (PU 021), describes Gajna as a significant landscape, protected since 1990 and situated between Oprisavci and Poljanci, valued for its specific flora, fauna, and landscape value. The aim of this review paper is to present Gajna as an example of an area in which environmental protection, biodiversity conservation and the sustainable use of natural resources are linked through traditional grazing, water management and the maintenance of open habitats. Gajna is characterized by several interconnected features: its Sava floodplain pasture, wetland and grassland habitats, occasional water retention in depressions, the presence of native breeds, and the need for continuous maintenance of the open landscape. Grasslands within the Gajna ecological network area are used for livestock grazing, with particular emphasis on autochthonous Croatian breeds: Slavonian-Syrmian Podolian cattle, Black Slavonian pig, Turopolje pig, Posavina horse, Cigaja sheep and Croatian Sheepdog. These practices are associated with the maintenance of biodiversity, the prevention of succession and the limitation of the spread of invasive plant species. Ornithological research also shows that the value of Gajna can be considered through the diversity of bird communities: 117 bird species have been recorded in the area, while the composition of the ornithofauna is linked to water-filled depressions, pastures, grasslands and the way the area is managed. In conclusion, Gajna can be viewed as an example of an area in which ecological values, traditional land use and sustainable management are closely connected. The conservation of this floodplain pasture depends on the maintenance of open habitats, appropriate grazing, mowing, water management and cooperation among local stakeholders. Within this framework, autochthonous Croatian breeds play a role in preserving landscape and biological diversity, while also connecting the natural and cultural heritage of the area.

Ključne riječi: biodiversity, Gajna, sustainability, floodplain pasture, environmental protection

Radinje kao prostor preklapanja lovnog gospodarenja, poplavnih nizinskih šuma i ekološke mreže

ZORAN KOMESAROVIĆ*

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet za odgojne i obrazovne znanosti, Ulica cara Hadrijana 10, Osijek (*student doktorskog studija Obrazovne znanosti i perspektive obrazovanja)

Dopisni autor: zorankomesarovic@gmail.com

Sažetak

Prostor Radinja je lokalitet na kojem se susreću tri upravljačke perspektive: državno otvoreno lovište XII/16 Radinje, nizinske poplavne šume s hrastom lužnjakom i poljskim jasenom te područje ekološke mreže Natura 2000 PPOVS HR2001379 Vlakanac–Radinje. Ovaj rad na temelju dostupnih znanstvenih izvora te službenih dokumenata Ministarstva zaštite okoliša i zelene tranzicije prikazuje preklapanje različitih pristupa s aspekta lovnog gospodarenja, šumarstva i zaštite prirode u istom prostoru, te ističe važnost njihova usklađivanja u kontekstu ekološke mreže Natura 2000. U lovnogospodarskom kontekstu Radinje je definirano kao državno otvoreno lovište. Rješenjem Ministarstva zaštite okoliša i zelene tranzicije, Lovnogospodarska osnova za razdoblje 2025.–2035. ocijenjena je prihvatljivom za ekološku mrežu, uz pridržavanje propisanih uvjeta zaštite prirode. Lovište se prostire na površini od 4.140 ha, a sastoji se od šumskog zemljišta (2.619 ha), poljoprivrednog zemljišta (1.368 ha) i vodenih površina (151 ha). Glavne vrste divljači su jelen obični, srna obična i svinja divlja u ograđenom dijelu lovišta. Očuvanje prirodnih vrijednosti ovog područja u djelokrugu je Javne ustanove za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode Brodsko-posavske županije – Natura Slavonica. Za područje Vlakanac–Radinje osobit naglasak je stavljen na očuvanje vodenih i vlažnih staništa pogodnih za strogo zaštićenu vrstu vretenca, velikog tresetara (Leucorrhinia pectoralis). U šumarskom kontekstu područje Radinja sa starim rukavcima (mrtvicama) rijeke Save obraslim plutajućom i obalnom vegetacijom, okruženo je šumama hrasta lužnjaka, crne johe i poljskog jasena. Kao naplavna šuma, ovaj prostor je izrazito osjetljiv na promjene vodnog režima i sukcesijske procese. Zaključno, Radinje se može prikazati kao lokalni primjer prostora u kojem se gospodarenje divljači, šumama i prirodnim vrijednostima ne može promatrati odvojeno. Doprinos ovoga rada je u preglednom prikazu tih preklapanja i izdvajanju potrebe za usklađenim upravljanjem, osobito u odnosu na očuvanje vodenih staništa, poplavnih šuma i plansko praćenje stanja.

Ključne riječi: Natura 2000, Radinje, zaštita prirode

Radinje as an overlapping area between hunting management, lowland floodplain forests and the ecological network

ZORAN KOMESAROVIĆ*

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Education, Ulica cara Hadrijana 10, Osijek, Croatia (*PhD student of the Doctoral Programme in Educational Sciences and Perspectives in Education)

Corresponding author: zorankomesarovic@gmail.com

Abstract

The Radinje area is a site where three management perspectives converge: the state open hunting ground XII/16 Radinje, lowland floodplain forests dominated by pedunculate oak and narrow-leaved ash, and the Natura 2000 ecological network SAC site HR2001379 Vlakanac–Radinje. Based on available scientific sources and official documents from the Ministry of Environmental Protection and Green Transition, this paper examines the overlapping of game management, forestry and nature conservation practice on the same area, and highlights the importance of harmonizing them in the context of Natura 2000 ecological network. In terms of game management, the Radinje is designated as a state open hunting ground. According to decision by the Ministry of Environmental Protection and Green Transition, the Game Management Plan for the period 2025–2035 was assessed as acceptable for the ecological network, with prescribed nature conservation conditions. The hunting ground covers an area of 4,140 hectares, comprising forest land (2,619 ha), agricultural land (1,368 ha), and water bodies (151 ha). The main game species are red deer, roe deer, and wild boar, within the fenced section of the hunting ground. The conservation of the natural values of this area falls under the judiciary of the Public Institution for the Management of Protected Natural Areas of Brod-Posavina County – Natura Slavonica. For the Vlakanac–Radinje area, particular emphasis is placed on conserving aquatic and wetland habitats suitable for the strictly protected dragonfly species, Leucorrhinia pectoralis. In terms of forestry, the Radinje area, featuring old Sava River oxbows covered in floating and riparian vegetation, is surrounded by forests of pedunculate oak, black alder, and narrow-leaved ash. As a floodplain forest, this area is highly sensitive to changes in the water regime and successional processes. In conclusion, the Radinje can be presented as a local example of an area where the management of game, forests, and natural assets cannot be viewed in isolation. This paper contributes by providing an overview of these overlapping and highlighting the need for coordinated management, particularly regarding the conservation of aquatic habitats and floodplain forests, as well as systematic monitoring of conditions.

Key words: Natura 2000, nature conservation, Radinje

Tihi osvajači: Invazivne strane biljne vrste u okolici jezera Lapovac

LARA KOVAČ[1,2]*, MATIJA KARAPETRIĆ[1,2]*, GABRIELA GALIĆ[1,2]*, PETRA TUŠKAN-HEPAK[2]*, MONIKA KADAK[2]*, TANJA ŽUNA PFEIFFER[2], DUBRAVKA ŠPOLJARIĆ MARONIĆ[2], FILIP STEVIĆ[2], NIKOLINA BEK[2]

[1] Udruga studenata biologije Osijek – ZOA, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek
[2] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek
(*student)

Dopisni autor: lara.kovac@biologija.unios.hr

Sažetak

Invazivne strane biljne vrste predstavljaju ozbiljnu prijetnju prirodnim ekosustavima jer mogu mijenjati stanišne uvjete, istiskivati autohtone vrste i narušiti prirodnu ravnotežu, a svojim širenjem negativno utjecati na zdravlje čovjeka, gospodarstvo i kvalitetu rekreacijskih staništa. Njihovu širenju posebno pridonosi čovjek različitim djelatnostima i aktivnostima. Neposredno uz grad Našice smješteno je jezero Lapovac koje se koristi za odmor i rekreaciju i omiljeno je odredište ribolovaca. U okolici jezera se razvijaju brojne biljne i životinjske vrste, stoga različiti antropogeni utjecaji kojima je izloženo mogu nepovoljno utjecati na očuvanje biološke raznolikosti područja. Cilj rada bio je istražiti prisutnost invazivnih stranih biljnih vrsta oko jezera tijekom vegetacijske sezone, odnosno u lipnju i rujnu 2026. godine. Zabilježeno je 13 invazivnih vrsta iz ukupno 6 porodica. S više od 100 jedinki prisutnih na pojedinim lokalitetima, posebno uz obalu jezera i rub šume, dominirale su vrste obični bagrem (*Robinia pseudoacacia*), velika zlatnica (*Solidago gigantea*) i jednogodišnja krasolika (*Erigeron annuus*). Veću brojnost (> 50 jedinki po pojedinom lokalitetu) imala je i vrsta pelinolisni limunđik (*Ambrosia artemisiifolia*), koja je posebno dobro bila razvijena na šljunčanom nasipu uz jezero. Na istom području, ali s manjim brojem jedinki (oko 20), razvijala se i vrsta lisnati dvozub (*Bidens frondosa*). Rezultati ukazuju da su invazivne strane biljne vrste prisutne na širem području oko jezera Lapovac te da zauzimaju vrlo različita staništa. Budući da su invazivne vrste općenito vrlo prilagodljive i kompetitivne, može se očekivati njihovo daljnje širenje dok brojne ljudske aktivnosti mogu pridonijeti unosu novih vrsta. Navedeno ukazuje na potrebu za praćenjem i daljnjim istraživanjem invazivnih stranih biljnih vrsta te njihovog potencijalnog utjecaja na istraživano područje.

Ključne riječi: bioraznolikost, alohtone vrste, istočna Slavonija, Našice

Silent invaders: Invasive alien plant species near Lake Lapovac

LARA KOVAČ[1,2]*, MATIJA KARAPETRIĆ[1,2]*, GABRIELA GALIĆ[1,2]*, PETRA TUŠKAN-HEPAK[2]*, MONIKA KADAK[2]*, TANJA ŽUNA PFEIFFER[2], DUBRAVKA ŠPOLJARIĆ MARONIĆ[2], FILIP STEVIĆ[2], NIKOLINA BEK[2]

[1] Biology Students Association - ZOA, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia
[2] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia (*student)

Corresponding author: lara.kovac@biologija.unios.hr

Abstract

Invasive alien plant species pose a serious threat to natural ecosystems because they can alter habitat conditions, displace native species, disrupt the natural balance and, through their spread, negatively affect human health, the economy and the quality of recreational habitats. Humans particularly contribute to their spread through various activities and economic practices. Lake Lapovac is situated immediately adjacent to the town of Našice and is used for rest and recreation representing a favourite destination for fishermen. Numerous plant and animal species occur in the area surrounding the lake, so the various anthropogenic impacts to which it is exposed can adversely affect the conservation of the area's biodiversity. The aim of the study was to investigate the presence of invasive alien plant species around the lake during the vegetation season, namely in June and September 2026. A total of 13 invasive species from 6 families were recorded. With more than 100 individuals present at individual localities, particularly along the lake shore and the forest edge, the dominant species were black locust (*Robinia pseudoacacia*), giant goldenrod (*Solidago gigantea*) and annual fleabane (*Erigeron annuus*). A higher abundance (> 50 individuals per locality) was also recorded for common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*), which was particularly well developed on the gravel embankment along the lake. In the same area, but with a smaller number of individuals (about 20), devil's (*Bidens frondosa*) was also found. The results indicate that invasive alien plant species are present in the wider area around Lake Lapovac and occupy a wide variety of habitats. Since invasive species are generally highly adaptable and competitive, their further spread can be expected, while numerous human activities can contribute to the introduction of new species. This indicates the need for monitoring and further research on invasive alien plant species and their potential impact on the studied area.

Key words: biodiversity, alien species, Eastern Slavonia, Našice

Utjecaj toplinskih valova i meteoroloških čimbenika na razinu prizemnog ozona u urbanim ekosustavima kontinentalne i obalne Hrvatske

ELVIRA KOVAČ-ANDRIĆ, VLATKA GVOZDIĆ, NIKOLINA FILIPOVIĆ, ROKO MARAS, STJEPAN ŠARIĆ, VANESA VILJEVAC

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek

Dopisni autor: eakovac@kemija.unios.hr

Sažetak:
Prizemni ozon je sekundarni onečišćivač i snažan oksidans koji nastaje fotokemijskim reakcijama dušikovih oksida i hlapljivih organskih spojeva pod utjecajem Sunčeva zračenja. Njegove povišene koncentracije izravno ugrožavaju zdravlje ljudi, urbanu bioraznolikost i ekosustave. Cilj ovog istraživanja bio je kvantificirati utjecaj toplinskih valova na razine prizemnog ozona u urbanim sredinama različitih klimatskih obilježja: kontinentalnom središtu (Osijeku) i obalnom području (Rijeci). U radu je analiziran desetogodišnji niz satnih i dnevnih mjernih podataka (2014. – 2023.) s automatskih postaja Državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka, uz pripadajuće meteorološke parametre (temperatura, relativna vlažnost, tlak zraka i brzina vjetra). Primijenjen je interdisciplinarni kemometrijski pristup koji obuhvaća analizu dnevnog hoda, višestruku linearnu regresiju, analizu glavnih komponenti te Fourierovu analizu u frekvencijskoj domeni. Rezultati potvrđuju da toplinski valovi, potaknuti klimatskim promjenama, znatno pojačavaju fotokemijsku proizvodnju ozona. U oba je grada zabilježen jasan dnevni hod s vrhuncem u podnevnim satima te izraženo ljetno povećanje koncentracija. U Osijeku je veza između visokih temperatura i povišenih razina ozona izravnija zbog kontinentalne klime. S druge strane, u Rijeci je utvrđena složenija dinamika u kojoj obalna cirkulacija zraka (kopno-more), promjene tlaka i regionalni transport značajno utječu na intenzitet i trajanje epizoda visokog onečišćenja. Istraživanje ukazuje na to da učestaliji ekstremni vremenski događaji zahtijevaju integriran pristup praćenju i modeliranju prizemnog ozona uz obvezno uključivanje meteoroloških i okolišnih parametara. Dobiveni nalazi pružaju stručnu podlogu za oblikovanje lokalnih i regionalnih politika upravljanja okolišem te mjera prilagodbe klimatskim promjenama, s ciljem zaštite zdravlja stanovništva i očuvanja ekosustava.

Ključne riječi: prizemni ozon, toplinski valovi, klimatske promjene, meteorološki čimbenici, fotokemijsko onečišćenje, Osijek, Rijeka

Zahvala: Projekt "Napredni interdisciplinarni pristupi kemiji okoliša: od materijala do održivih rješenja za zagađenje" (NAPREDOK) financiran je sredstvima Europske unije - NextGenerationEU (broj: 581-UNIOS-101).

Impact of heatwaves and meteorological factors on ground-level ozone levels in urban ecosystems of continental and coastal Croatia

ELVIRA KOVAČ-ANDRIĆ, VLATKA GVOZDIĆ, NIKOLINA FILIPOVIĆ, ROKO MARAS, STJEPAN ŠARIĆ, VANESA VILJEVAC

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Chemistry, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia

Corresponding author: eakovac@kemija.unios.hr

Abstract:
Ground-level ozone is a secondary pollutant and a powerful oxidant formed through photochemical reactions of nitrogen oxides and volatile organic compounds under solar radiation. Its elevated concentrations directly threaten human health, urban biodiversity, and ecosystems. This study aimed to quantify the impact of heatwaves on ground-level ozone levels in urban environments with contrasting climatic regimes: a continental urban center (Osijek) and a coastal urban area (Rijeka). A ten-year dataset of hourly and daily measurements (2014–2023) obtained from automatic stations of the State Network for Continuous Air Quality Monitoring was analyzed alongside corresponding meteorological parameters (air temperature, relative humidity, air pressure, and wind speed). An interdisciplinary chemometric approach was applied, incorporating diurnal variation analysis, multiple linear regression, principal component analysis, and frequency-domain Fourier analysis. The results confirm that climate-driven heatwaves significantly intensify photochemical ozone production, exhibiting a distinct diurnal pattern with peak levels around noon and strong summer seasonality in both cities. In Osijek, the relationship between high temperatures and elevated ozone levels is more direct due to continental climate conditions. Conversely, Rijeka displays a more complex dynamic, where coastal air circulation (land-sea breeze), pressure variations, and regional transport substantially modulate the intensity and duration of high-pollution episodes. The study indicates that the increasing frequency of extreme weather events requires an integrated approach to ground-level ozone monitoring and modeling, incorporating both meteorological and environmental parameters. These findings provide a solid foundation for developing local and regional environmental management policies and climate adaptation measures to protect public health and preserve ecosystems.

Key words: ground-level ozone, heatwaves, climate change, meteorological factors, photochemical pollution, Osijek, Rijeka

Acknowledgement: Project "Advanced Interdisciplinary Approaches to Environmental Chemistry: From Materials to Sustainable Solutions for Pollution" (NAPREDOK) is granted by the European union-NextGenerationEU (Grant number: 581-UNIOS-101).

Utjecaj mikroplastike i insekticida mospilan na preživljavanje, razvoj, oksidativni stres i neurotoksične učinke kod punoglavaca vrste *Bufotes viridis*

LORA KRČMAR*, KRISTINA KIŠ*, LUCA ZELIĆ, BRANIMIR HACKENBERGER KUTUZOVIĆ, OLGA JOVANOVIĆ GLAVAŠ

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek (*student)

Dopisni autor: ojovanovic@biologija.unios.hr

Saţetak

Istodobna prisutnost mikroplastike i pesticida u slatkovodnim ekosustavima predstavlja potencijalni rizik za vodene organizme, osobito tijekom ranih razvojnih stadija vodozemaca. Cilj ovog istraživanja bio je procijeniti učinke dviju vrsta mikroplastike (PLA i PA11 blue MDT), pojedinačno i u kombinaciji s insekticidom Mospilan 20 SP, na preživljavanje, morfološki razvoj te biokemijske pokazatelje povezane s oksidativnim stresom i neurotoksičnošću kod punoglavaca zelene krastače (*Bufotes viridis*). Punoglavci su u kontroliranim uvjetima tijekom višetjednog pokusa bili izloženi različitim koncentracijama Mospilana 20 SP, mikroplastici PLA i PA11 blue MDT te njihovim kombinacijama. Na početku i na kraju pokusa praćeni su morfološki parametri i razvojni stadiji punoglavaca (ukupna duljina, duljina tijela do otvora nečisnice, masa i Gosnerov stadij). Nakon izloženosti, spektrofotometrijski su analizirane aktivnosti enzima uključenih u neurotoksičnost i antioksidativni odgovor (AChE, GST i CAT) uz određivanje ukupnih proteina. Preliminarni rezultati ukazali su na značajan utjecaj pojedinih tretmana na preživljavanje punoglavaca, pri čemu je najizraženiji negativan učinak zabilježen nakon izloženosti mikroplastici PA11 blue MDT. Skupine izložene mikroplastici općenito su pokazale niže preživljavanje u usporedbi sa skupinama izloženim samom insekticidu, a uočene su i razlike u duljini tijela punoglavaca. Iako promjene u aktivnostima praćenih enzima te ostalim morfološkim parametrima nisu dosegle razinu statističke značajnosti, uočena su određena odstupanja u biokemijskom odgovoru između tretmana. Dobiveni preliminarni rezultati ukazuju na izražen negativan utjecaj pojedinih tretmana na preživljavanje punoglavaca, dok biokemijski odgovori upućuju na složene učinke pojedinačne i kombinirane izloženosti mikroplastici i pesticidu u ranom razvoju vodozemaca, što otvara prostor za daljnja istraživanja njihove potencijalne neurotoksičnosti, oksidativnog stresa te međusobnih interakcija u vodenim ekosustavima.

Ključne riječi: mikroplastika, pesticidi, acetamiprid, vodozemci, Anura

Impact of microplastics and the insecticide mospilan on survival, development, oxidative stress, and neurotoxic effects in *Bufotes viridis* tadpoles

LORA KRČMAR*, KRISTINA KIŠ*, LUCA ZELIĆ, BRANIMIR HACKENBERGER KUTUZOVIĆ, OLGA JOVANOVIĆ GLAVAŠ

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia (*student)

Corresponding author: ojovanovic@biologija.unios.hr

Abstract

The simultaneous presence of microplastics and pesticides in freshwater ecosystems poses a potential risk to aquatic organisms, particularly during the early developmental stages of amphibians. The aim of this study was to evaluate the effects of two types of microplastics (PLA and PA11 blue MDT), individually and in combination with the insecticide Mospilan 20 SP, on the survival, morphological development, and biochemical indicators related to oxidative stress and neurotoxicity in green toad (*Bufotes viridis*) tadpoles. Under controlled conditions during a multi-week experiment, tadpoles were exposed to various concentrations of Mospilan 20 SP, PLA and PA11 blue MDT microplastics, and their combinations. At the beginning and end of the experiment, morphological parameters and developmental stages of the tadpoles (total length, snout-vent length, mass, and Gosner stage) were monitored. Following exposure, the activities of enzymes involved in neurotoxicity and antioxidant response (AChE, GST, and CAT) were analyzed spectrophotometrically, along with total protein determination. Preliminary results indicated a significant impact of certain treatments on tadpole survival, with the most pronounced negative effect observed following exposure to PA11 blue MDT microplastics. Groups exposed to microplastics generally exhibited lower survival compared to groups exposed to the insecticide alone, and differences in tadpole body length were also observed. Although changes in the activities of the monitored enzymes and other morphological parameters did not reach statistical significance, certain variations in the biochemical response were observed between treatments. The obtained preliminary results indicate a strong negative impact of certain treatments on tadpole survival, while biochemical responses point to complex effects of single and combined exposure to microplastics and pesticides during early amphibian development, paving the way for further research into their potential neurotoxicity, oxidative stress, and mutual interactions in aquatic ecosystems.

Key words: microplastics, pesticides, acetamiprid, amphibians, Anura

Muhe ušare (Diptera: Hippoboscidae) – novi lokaliteti nalaza u Hrvatskoj

STJEPAN KRČMAR, MARIANA PUŠKARIĆ*, IVANA VRUĆINA, LORA KRČMAR*

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek (*student)

Dopisni autor: stjepan@biologija.unios.hr

Sažetak

Muhe ušare (Diptera: Hippoboscidae) sitni su dvokrilci koji žive kao ektoparaziti na koži sisavaca i ptica te predstavljaju potencijalne vektore različitih patogena. Na području Hrvatske postoji vrlo malo podataka o raznolikosti faune ove porodice, ponajprije zbog nedostatka sustavnih istraživanja. Upravo je nedostatak sustavnih podataka o raznolikosti i rasprostranjenosti ove skupine bio poticaj za prikaz novih lokaliteta nalaza muha ušara na području Hrvatske. Muhe ušare uzorkovane su sporadično od 2015. do 2021. godine u okviru provedbe drugih projekata usmjerenih na istraživanje raznolikosti faune obada (Tabanidae) i tvrdih krpelja (Ixodidae). Uzorkovanja su provedena na osam lokaliteta: Beli Manastir, Branjina, Ogorje, Popovac, Rumin, Tikveš, Zlatna Greda i Zmajevac, pri čemu je ukupno prikupljeno 118 jedinki. Determinacijom su utvrđene dvije vrste: *Hippobosca equina* L., 1758 i *Lipoptena cervi* (L., 1758). Najveći broj muha ušara prikupljen je na lokalitetima Zlatna Greda (38 jedinki), Ogorje (35 jedinki), Rumin (29 jedinki) i Tikveš (7 jedinki), na kojima je ukupno prikupljeno 92,37 % svih jedinki. Na lokalitetima Zlatna Greda i Tikveš sve prikupljene jedinke pripadale su vrsti *L. cervi*, a prikupljene su na jelenima u klaonici za divljač Šumarije Tikveš-Bilje, Uprave šuma Podružnice Osijek, Hrvatskih šuma. Na lokalitetima Ogorje i Rumin sve prikupljene jedinke pripadale su vrsti *H. equina*, a prikupljene su na konjima i govedima. Na preostala četiri lokaliteta jedinke vrsta *H. equina* i *L. cervi* prikupljene su na čovjeku tijekom boravka u prirodi. Nalazi muha ušara na lokalitetima Beli Manastir, Branjina, Ogorje, Popovac, Rumin i Zlatna Greda predstavljaju nove lokalitete nalaza ove skupine u Hrvatskoj.

Ključne riječi: muhe ušare, Hippoboscidae, dvokrilci, Diptera, Hrvatska

Louse flies (Diptera: Hippoboscidae) – new locality records in Croatia

STJEPAN KRČMAR, MARIANA PUŠKARIĆ*, IVANA VRUĆINA, LORA KRČMAR*

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia (*student)

Corresponding author: stjepan@biologija.unios.hr

Abstract

Louse flies (Diptera: Hippoboscidae) are small dipterans that live as ectoparasites on the skin of mammals and birds and are potential vectors of various pathogens to their hosts. In Croatia, very little is known about the diversity of the louse fly fauna, mainly due to the lack of systematic research. The lack of systematic studies on the diversity of this family prompted us to report new localities of louse flies in Croatia. Louse flies were sampled sporadically from 2015 to 2021 as part of other projects investigating the diversity of horsefly (Tabanidae) and hard tick (Ixodidae) fauna. Sampling was conducted at eight localities: Beli Manastir, Branjina, Ogorje, Popovac, Rumin, Tikveš, Zlatna Greda, and Zmajevac, with a total of 118 specimens collected. Two species were identified: *Hippobosca equina* L., 1758 and *Lipoptena cervi* (L., 1758). The highest numbers of louse flies were collected at Zlatna Greda (38 specimens), Ogorje (35 specimens), Rumin (29 specimens), and Tikveš (7 specimens). These four localities accounted for 92.37% of all collected louse fly specimens. At Zlatna Greda and Tikveš, all collected specimens belonged to *L. cervi* and were collected from deer at the game slaughterhouse of the Tikveš-Bilje Forestry Office, Osijek Branch of Croatian Forests. At Ogorje and Rumin, all collected specimens belonged to *H. equina* and were collected from horses and cattle. At the remaining four localities, louse flies of the species *H. equina* and *L. cervi* were collected from humans during their time spent outdoors. The records of louse flies at Beli Manastir, Branjina, Ogorje, Popovac, Rumin, and Zlatna Greda represent new localities for louse flies in Croatia.

Key words: louse flies, Hippoboscidae, true flies, Diptera, Croatia

Važnost edukacija o očuvanju ugrožene vrste leptira kiseličinom vatrenom plavcu (*Lycaena dispar*, Haworth, 1802)

SONJA KUČERA[1], DUNJA KUFNER[2], MIRELA KOTROMANOVIĆ[3], VLATKO ROŽAC[1], KRISTINA ROMANJEK[1], MARIN ŠKORO[1], MARIJA VEREŠ[1], BORIS BOLŠEC[1], IVO BAŠIĆ[1]

[1] Javna ustanova „Park prirode Kopački rit", Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Bilje
[2] Osnovna škola Kneževi Vinogradi, Glavna 44. Kneževi Vinogradi
[3] Osnovna škola Darda, Školska 9, Darda

Dopisni autor: sonja.kucera@pp-kopacki-rit.hr

Sažetak

Interdisciplinarnim pristupom i ove godine Javna ustanova „Park prirode Kopački rit" nastavila je provoditi edukacije učenika osnovnih škola o strogo zaštićenoj vrsti leptira, kiseličinom vatrenom plavcu (*Lycaena dispar)*. U 2026. godini Javna ustanova „Park prirode Kopački rit" održala je edukativnu radionicu 1. b razredu iz Osnovne škole Darda i 2. razredu, grupi Mali prirodoslovci iz Kneževih Vinograda. Ove godine za učenike smo pripremili maske u obliku leptira, a oni su imali zadatak da ih obojaju u leptira kiseličinog vatrenog plavca. Kroz edukativne aktivnosti učenici su se upoznali s razvojnim ciklusom leptira, od jajašca, gusjenice, kukuljice i odraslog leptira. Učenici 2. razreda, Mali prirodoslovci posjetili su Park prirode „Kopački rit" te su posjetili hotel za kukce i prošetali stazom kroz voćnjak. Posebna pažnja posvećena je leptirima kao drugih najvažnijih oprašivača odmah nakon pčela, bez kojih ne bi bilo plodova autohtonih sorti voćaka u našem voćnjaku. Leptir je krhki kukac koji ima važnu ulogu u oprašivanju, biljaka, voćaka, hrane se nektarom i putem prenose pelud s cvijeta na cvijet. Učenici su naučili koliko je leptir kiseličin vatreni plavac važan indikator vlažnih staništa. Ako je sušna godina leptira je malo, ako je kišna godina leptria je više. Kako je voda izvor života i leptirima je jako bitna jer pijući vodu iz bara i lokvi uzimaju minerale koji su bitni za njihov razvoj. Ovakvim radionicama učenici kroz edukaciju i boravak u prirodi razvijaju svijest o važnosti očuvanja leptira i njihovog staništa a posebno leptira kiseličinog vatrenog plavca koji obitava na području Parka prirode Kopački rit.

Ključne riječi: edukacija, kiseličin vatreni plavac (*Lycaena dispar*), Park prirode „Kopački rit", osnovna škola

The importance of education on the conservation of the endangered butterfly species Large Copper butterfly (*Lycaena dispar*, Haworth, 1802)

SONJA KUČERA[1], DUNJA KUFNER[2], MIRELA KOTROMANOVIĆ[3], VLATKO ROŽAC[1], KRISTINA ROMANJEK[1], MARIN ŠKORO[1], MARIJA VEREŠ[1], BORIS BOLŠEC[1], IVO BAŠIĆ[1]

[1] Public Institution Kopački rit Nature Park, Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Bilje, Croatia
[2] Elementary School Kneževi Vinogradi, Glavna 44, Kneževi Vinogradi, Croatia
[3] Elementary School Darda, Školska 9, Darda, Croatia

Corresponding author: sonja.kucera@pp-kopacki-rit.hr

Abstract

With an interdisciplinary approach, this year too, the Public Institution Nature Park Kopački rit continued to educate primary school students about the strictly protected species of butterfly, the Large Copper butterfly *(Lycaena dispar*). In 2026, the Public Institution Nature Park Kopački rit held an educational workshop for the 1st grade from the Darda Primary School and the 2nd grade group of Little Naturalists from Elementary School Kneževi Vinogradi. This year, we prepared butterfly-shaped masks for the students, and they had the task of painting them into the Large Copper butterfly. Through educational activities, students learned about the development cycle of butterflies, from egg, caterpillar, pupa and adult butterfly. The 2nd grade, Little Naturalists students, visited the Nature Park Kopački rit and observed the insect hotel, and walked along the path through the orchard. Special attention was paid to butterflies as other most important pollinators, right after bees, without which there would be no fruits of indigenous fruit varieties in our orchard.The butterfly is a fragile insect that plays an important role in pollination of plants, fruit trees, they feed on nectar and transfer pollen from flower to flower. The students learned that Large Copper butterfly is an important indicator of wet habitats. If the year is dry, there are few butterflies, if it is a rainy year, there are more butterflies. Since water is the source of life, it is also very important for butterflies because by drinking water from ponds and puddles, they take in minerals that are essential for their development. Through such workshops, students develop awareness of the importance of preserving butterflies and their habitats, especially the Large Copper butterfly, which lives in the Kopački rit Nature Park.

Key words: education, Large Copper butterfly (*Lycaena dispar*), Nature Park Kopački rit, elementary school

BZVZ: Budrovčani za vedriji zavičaj - od istraživanja do djelovanja

MARIJA KUŠIĆ*

Osnovna škola Budrovci, Gupčev trg 8, Budrovci (*studentica Doktorskog studija Obrazovne znanosti i perspektive obrazovanja, Sveučilište Josipa jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet za odgojne i obrazovne znanosti)

Dopisni autor: marija.kusic@skole.hr

Sažetak

Obrazovanje za održivi razvoj ima važnu ulogu u oblikovanju znanja, stavova i kompetencija potrebnih za odgovoran odnos prema prirodi i prirodnim resursima. U Osnovnoj školi Budrovci ta se načela ostvaruju kroz B1 aktivnost „Mladi znanstvenici", u sklopu eksperimentalnog programa Cjelodnevna škola, u kojoj učenici kroz istraživački, eksperimentalni i projektni rad proučavaju aktualne okolišne izazove te rezultate svojega rada prenose u školsku i lokalnu zajednicu. Projekt nazvan BZVZ- Budrovčani za vedriji zavičaj obuhvaća više međusobno povezanih područja održivog razvoja. Učenici su istraživali obnovljive izvore energije, pri čemu su proučavali energiju vodika, Sunca i vjetra te izradili model eko-sela Budrovci koje koristi obnovljive izvore energije. U području zaštite voda uzimali su uzorke vode s različitih lokacija, analizirali ih te istraživali mogućnosti filtriranja onečišćene vode. Proučavanjem tla uspoređivali su razvoj biljaka u različitim vrstama tla te eksperimentalno pratili razgradnju različitih materijala. Recikliranjem starog papira upoznali su proces ponovne uporabe materijala, dok su se kroz istraživanje digitalnog otpada bavili problemom koji je u obrazovanju nedovoljno zastupljen. Ostvarivanjem suradnje s lokalnom zajednicom organizirali su akciju prikupljanja elektroničkog otpada, te aktivirali veliki broj sudionika u čišćenju digitalnog otpada. Učenici su kreirali mrežnu stranicu na koju postavljaju najzanimljivije provedene aktivnosti: https://sites.google.com/view/osbudrovci/. Posebna vrijednost ogleda se u povezivanju istraživanja, praktičnog rada, odgovornog ponašanja i širenja znanja. Učenici svoja iskustva prenose mlađim učenicima, surađuju sa školskom knjižnicom, sudjeluju u aktivnostima povodom Dana planeta Zemlje te svoje spoznaje predstavljaju izvan škole. Time se učenje ne zadržava na usvajanju činjenica, nego prerasta u aktivno sudjelovanje učenika u životu škole i zajednice. Primjer Osnovne škole Budrovci pokazuje kako škola može postati prostor u kojem se održivi razvoj uči istraživanjem, eksperimentiranjem, suradnjom i konkretnim djelovanjem**.** Takav pristup posebno je značajan u kontekstu zaštite prirodnih područja poput Kopačkog rita jer razvija generacije učenika koje razumiju povezanost vode, tla, energije, otpada, bioraznolikosti i ljudskog djelovanja te prepoznaju vlastitu ulogu u očuvanju prirodne baštine.

Ključne riječi: mladi znanstvenici, STEM, zaštita okoliša, digitalni otpad, obnovljivi izvori energije, voda, tlo, recikliranje

BZVZ: Budrovci residents for a cheerful homeland – from research to action

MARIJA KUŠIĆ*

Elementary School Budrovci, Gupčev trg 8, Budrovci, Croatia (*PhD student of the Doctoral Programme in Educational Sciences and Perspectives in Education, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Education)

Corresponding author: marija.kusic@skole.hr

Abstract

Education for sustainable development plays a vital role in shaping the knowledge, attitudes, and competencies needed for a responsible relationship with nature and natural resources. These principles are put into practice at Elementary School Budrovci through the "Young Scientists" activity (part of the experimental "All-Day School" program), where students use researching, experimental, and project-based methods to study current environmental challenges and share their findings with the school and local communities. The project, titled BZVZ (Budrovci Residents for a Brighter Homeland), comprises several interconnected areas of sustainable development. Students investigated renewable energy sources, studying hydrogen, solar, and wind energy, and built a model of an eco-friendly Budrovci village powered by renewables. Regarding water protection, they collected and analyzed water samples from different locations and explored methods for filtering contaminated water. Through soil studies, they compared plant growth in different soil types and experimentally monitored the decomposition of various materials. Recycling waste paper introduced them to the process of material reuse, while their research into digital waste addressed an issue often overlooked in education. By collaborating with the local community, they organized an electronic waste collection and mobilized a large number of participants to help clear out digital waste. The students created a website to showcase their most interesting activities: https://sites.google.com/view/osbudrovci/. The particular value lies in the integration of research, practical work, responsible behavior, and knowledge sharing. Students transfer their experiences to younger students, collaborate with the school library, participate in Earth Day activities, and present their findings outside the school. In this way, learning goes beyond the acquisition of facts, evolving into active student participation in the life of the school and the community. The example of Elementary School Budrovci demonstrates how a school can become a space where sustainable development is learned through research, experimentation, collaboration, and concrete action. Such an approach is particularly significant in the context of protecting natural areas like Kopački rit, as it fosters generations of students who understand the relationship between water, soil, energy, waste, biodiversity, and human activity, and who recognize their own role in natural heritage conservation.

Key words: young scientists, STEM, environmental protection, renewable energy sources, water, soil, recycling

Bez recepta za vodene organizme: Učinci kontinuirane izloženosti farmaceutskim analgeticima na emergenciju vrste *Chironomus riparius* Meigen, 1804

BOGUMIŁ ŁOSIEWICZ[1,2,3]*, VIKTORIJA ERGOVIĆ[3], PREDRAG SIMOVIĆ[3,4], JELENA STANKOVIĆ RISTIĆ[5], MACIEJ KAMASZEWSKI[1]

[1] Sveučilište prirodnih znanosti u Varšavi, Fakultet za bioekonomiju i prehrambene sustave, Zavod za biologiju okoliša životinja, Ciszewskiego 8/23, Varšava, Poljska (*student Doktorskog studija)
[2] Poljska akademija znanosti, Kielanowski institut za animalnu fiziologiju i prehranu, Zavod za genetičko inženjerstvo, Instytucka 3, Jabłonna, Poljska
[3] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek
[4] Univerzitet u Kragujevcu, Prirodno-matematički fakultet, Institut za biologiju i ekologiju, Radoja Domanovića 12, Kragujevac, Srbija
[5] Sveučilište u Beogradu, Institut za biološka istraživanja „Siniša Stanković" Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Bulevar Despota Stefana 142, Beograd, Srbija

Dopisni autor: maciej_kamaszewski@sggw.edu.pl

Sažetak

Povećana potrošnja farmaceutskih analgetika dovela je do njihova kontinuiranog ispuštanja u vodene ekosustave, gdje matične tvari i njihovi metaboliti mogu perzistirati unatoč pročišćavanju otpadnih voda. Paracetamol (PCM; acetaminofen) i tramadol (TRA) su među najčešće korištenim neopioidnim, odnosno opioidnim analgeticima. Oba su spoja detektirana u otpadnim vodama i vodenim ekosustavima diljem svijeta. Iako su njihovi učinci pri terapijskim dozama relativno dobro poznati, posljedice kronične izloženosti koncentracijama koje se nalaze u okolišu, osobito u obliku kombiniranih spojeva, još uvijek nisu dovoljno istražene. Stoga je cilj ovog istraživanja bio ispitati pojedinačne i kombinirane učinke PCM-a i TRA-a na fenologiju vrste trzalca *Chironomus riparius* Meigen, 1804. Istraživanje je provedeno prema OECD testu br. 219, Sediment-Water Chironomid Toxicity Using Spiked Water. Ličinke prvog stadija bile su izložene PCM-u, TRA-u ili njihovoj kombinaciji u koncentracijama od 0,1; 1; 10; 100 i 1000 µg/L. Svaki tretman i negativna kontrola ispitani su u tri replikatna uzorka, s 10 ličinki po ponavljanju. Promatrana je stopa emergencije odraslih jedinki i smrtnost ličinki tijekom cijelog istraživanja. Kao pokazatelji promijena praćeni su omjeri emergencije odraslih jedinki, omjer spolova te suha biomasa odraslih jedinki. Skupine izložene najnižim koncentracijama PCM-a, TRA-a i njihovoj kombinaciji rezultirale su bržom emergencijom odraslih jedinki u usporedbi s kontrolnom. Pri višim koncentracijama farmaceutika vrijeme emergencije bilo je najsličnije vremenu emergencije u kontrolnim skupinama. Najviše stope smrtnosti zabilježene su u svim skupinama analgetika pri koncentraciji od 1 µg/L. Dobiveni rezultati upućuju na nelinearne učinke izloženosti testiranim analgeticima. Sveukupno, rezultati pokazuju da koncentracije farmaceutskih onečišćujućih tvari koje se nalaze u okolišu mogu ubrzati emergenciju odraslih jedinki vrste *C. riparius* te naglašavaju važnost proučavanja i kontrole onečišćujućih tvari pri procjeni rizika za, prije svega, vodeni okoliš.

Ključne riječi: ekotoksikologija, farmaceutici, onečišćujuće tvari u nastajanju, paracetamol, tramadol, trzalci

No prescription for aquatic organisms: Non-stop exposure to pharmaceutical analgesics reveals emergence-altering effects on *Chironomus riparius* Meigen, 1804

BOGUMIŁ ŁOSIEWICZ[1,2,3]*, VIKTORIJA ERGOVIĆ[3], PREDRAG SIMOVIĆ[3,4], JELENA STANKOVIĆ RISTIĆ[5], MACIEJ KAMASZEWSKI[1]

[1] Warsaw University of Life Sciences, Faculty of Bioeconomy and Food Systems, Department of Animal Environment Biology, Ciszewskiego 8/23, Warsaw, Poland (*PhD student)
[2] Polish Academy of Sciences, Kielanowski Institute of Animal Physiology and Nutrition, Department of Genetic Engineering, Instytucka 3, Jabłonna, Poland
[3] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia
[4] University of Kragujevac, Faculty of Science, Department of Biology and Ecology, Radoja Domanovića 12, Kragujevac, Serbia
[5] University of Belgrade, Institute for Biological Research "Siniša Stanković", National Institute of the Republic of Serbia, Bulevar Despota Stefana 142, Belgrade, Serbia

Corresponding author: maciej_kamaszewski@sggw.edu.pl

Abstract

The increasing consumption of pharmaceutical analgesics has resulted in their continuous release into aquatic environments, where both parent compounds and their metabolites may persist despite wastewater treatment. Paracetamol (PCM; acetaminophen) and tramadol (TRA) are among the most commonly used non-opioid and opioid analgesics, respectively. Researchers have detected both compounds in wastewater and aquatic ecosystems worldwide. Although their effects at therapeutic concentrations are relatively well characterized, the consequences of chronic exposure to environmentally relevant concentrations, particularly in mixtures, remain insufficiently understood. Therefore, the present study aimed to investigate the individual and combined effects of PCM and TRA on the life-history and morphological traits of the non-biting midge *Chironomus riparius* Meigen, 1804. The experiment followed OECD Test No. 219, Sediment-Water Chironomid Toxicity Using Spiked Water. First-instar larvae were exposed to PCM, TRA, or their mixture at concentrations of 0,1; 1; 10; 100, and 1000 µg/L. Each treatment and the negative control were tested in triplicate, with 10 larvae per replicate. Adult emergence and mortality were monitored throughout the experiment. Moreover this study assessed emergence ratio, development time, sex ratio, and adult dry biomass as life-history endpoints. Exposure to PCM, TRA, and the mixture at the lowest concentrations resulted in faster emergence compared to the control group. At higher pharmaceutical concentrations, emergence time was comparable to the control. All groups exposed to 1 µg/L showed the highest mortality rates. Obtained results suggest non-linear effects of drug exposure. Overall, the findings demonstrate that environmentally relevant concentrations of commonly detected pharmaceutical contaminants accelerate *C. riparius* emergence and highlight the importance of considering contaminant mixtures in environmental risk assessment.

Key words: ecotoxicology, pharmaceutics, emerging pollutants, paracetamol, tramadol, non-biting midges

Preliminarna procjena utjecaja natrijeva klorida na rast izolata gljive *Ophiostoma novo-ulmi*

ANĐELINA LOVRIĆ[1]*, VALENTINA KREŠIĆ[1]*, LJILJANA KRSTIN[1], ZDENKO TURNIŠKI[2], MIRNA ĆURKOVIĆ-PERICA[3], ZORANA KATANIĆ[1]

[1] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek (*student)
[2] Hrvatske šume d.o.o., Ulica kneza Branimira 1, Zagreb
[3] Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Rooseveltov trg 6, Zagreb

Dopisni autor: zkatanic@biologija.unios.hr

Sažetak

Drugu pandemiju holandske bolesti brijesta (DED) uzrokuje izrazito virulentna gljiva mješinarka *Ophiostoma novo-ulmi*. Širenje ovog patogena Europom, Sjevernom Amerikom i dijelovima Azije dovelo je do sušenja brojnih stabala brijesta (*Ulmus* spp.). Patogen obuhvaća dvije podvrste, subsp. *novo-ulmi* i subsp. *americana*, koje se razlikuju prema nizu svojstava, uključujući morfologiju kolonija i peritecija, dimorfizam micelija te patogenost. Reproduktivna barijera između podvrsta slaba je, zbog čega u prirodi često dolazi do hibridizacije, pri čemu nastaju fertilni hibridi. Također, tijekom širenja vrste *O. novo-ulmi* područjem rasprostranjenosti uzročnika prve pandemije, vrste *O. ulmi*, došlo je do hibridizacije i introgresije gena te postupne zamjene prvog patogena drugim. Na području Kopačkog rita prethodno je potvrđena prisutnost *O. novo-ulmi*, pri čemu su utvrđene genotipske, kao i pojedine fenotipske razlike, primjerice u odgovoru na temperaturu. Cilj ovog istraživanja bio je preliminarno ispitati moguće razlike u odgovoru izolata *O. novo-ulmi* na stres uzrokovan natrijevim kloridom (NaCl). U istraživanju je korišteno šest prethodno molekularno karakteriziranih izolata iz Kopačkog rita. Rast micelija mjeren je na MEA (malt extract agar) podlozi uz dodatak NaCl u koncentracijama od 0,1 do 1 M, dok je podloga bez dodatka NaCl korištena kao kontrola. NaCl je inhibirao rast micelija gljive ovisno o koncentraciji, pri čemu je najviša ispitivana koncentracija gotovo u potpunosti inhibirala rast svih izolata. Pri nižim koncentracijama utvrđene su razlike u stupnju inhibicije rasta među izolatima. Dobiveni rezultati upućuju na moguće razlike među izolatima *O. novo-ulmi* u odgovoru na stres uzrokovan NaCl, što je potrebno dodatno istražiti.

Ključne riječi: holandska bolest brijesta, NaCl-inducirani stres, stresni odgovor patogena, inhibicija rasta

Preliminary assessment of the effect of sodium chloride on the growth of fungus *Ophiostoma novo-ulmi* isolates

ANĐELINA LOVRIĆ[1]*, VALENTINA KREŠIĆ[1]*, LJILJANA KRSTIN[1], ZDENKO TURNIŠKI[2], MIRNA ĆURKOVIĆ-PERICA[3], ZORANA KATANIĆ[1]

[1] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia (*student)
[2] Croatian Forests Ltd., Kneza Branimira 1, Zagreb, Croatia
[3] University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Biology, Rooseveltov trg 6, Zagreb, Croatia

Corresponding author: zkatanic@biologija.unios.hr

Abstract

The current second pandemic of Dutch elm disease (DED) is caused by the highly virulent ascomycete fungus *Ophiostoma novo-ulmi*. The spread of this pathogen across Europe, North America, and parts of Asia has led to the dieback of numerous elm (*Ulmus* spp.) trees. The pathogen comprises two subspecies, subsp. *novo-ulmi* and subsp. *americana*, which differ in a wide range of characteristics, including colony morphology, perithecial morphology, mycelial dimorphism, and pathogenicity. However, the reproductive barrier between these subspecies is weak, and hybridisation frequently occurs in nature, resulting in highly fit and fertile hybrids. Moreover, hybridisation and introgression of genes from *Ophiostoma ulmi*, the causal agent of the first DED pandemic, occurred during the spread of *O. novo-ulmi* across the *O. ulmi* distribution range and the gradual replacement of the first pathogen by the second. In the area of Kopački rit, the presence of *O. novo-ulmi* has previously been confirmed, and genotypic as well as some phenotypic differences, such as temperature response, have been detected. In order to further explore possible differences among *O. novo-ulmi* isolates, six previously molecularly characterized isolates from Kopački rit were used in a preliminary assessment of the effects of sodium chloride on mycelial growth. Malt extract agar (MEA) was supplemented with NaCl at concentrations ranging from 0.1 to 1 M, while MEA without NaCl was used as a control. NaCl inhibited fungal growth in a concentration-dependent manner, with the highest concentration almost completely inhibiting growth in all isolates. At lower concentrations, variations in growth inhibition were observed among the isolates. These results suggest that some *O. novo-ulmi* isolates may differ in their response to NaCl, which should be further investigated.

Key words: Dutch elm disease, NaCl-induced stress, pathogen stress response, growth inhibition

Novi invazivni deseteronožac u Kopačkom ritu: Prvi nalaz *Macrobrachium nipponense* u Hrvatskoj

FILIP LOŽEK[1], MATEJ VUCIĆ[2], SANDRA HUDINA[2], MARIJA VEREŠ[3], VLATKO ROŽAC[3], IZIDORA MARKOVIĆ VUKADIN[1]

[1] Institut za turizam, Vrhovec 5, Zagreb
[2] Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Rooseveltov trg 6, Zagreb
[3] Javna ustanova Park prirode „Kopački rit", Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Bilje

Dopisni autor: filip.lozek@iztzg.hr

Saţetak

Istočnoazijska riječna kozica *Macrobrachium nipponense* (De Haan, 1849) invazivna je vrsta koja se posljednjih godina širi dunavskim slivom. Tijekom monitoringa invazivnih deseteronožnih rakova provedenog tijekom ljeta 2026. godine u Parku prirode Kopački rit, vrsta je po prvi put zabilježena u Hrvatskoj. Korištenjem vrša za lov rakova, ukupno je pregledano 10 lokaliteta na području Parka te je pronađeno pet jedinki na dva lokaliteta: četiri na ušću Hulovskog kanala u Dunav te jedna u Vemeljskom Dunavcu u neposrednoj blizini ušća kanala Čarna. Identifikacija je potvrđena molekularnom analizom COI markera, pri čemu su analizirane jedinke pokazale visoku genetičku sličnost s prethodno zabilježenim jedinkama iz dunavskog sliva u Mađarskoj i Njemačkoj. Nalaz popunjava važnu prazninu u poznatoj rasprostranjenosti vrste duž Dunava i potvrđuje nastavak njezina širenja ovim riječnim koridorom. S obzirom na ekološku vrijednost i visoku hidrološku povezanost Kopačkog rita, potrebna su daljnja ciljana istraživanja kako bi se utvrdili rasprostranjenost vrste, status populacije i mogući utjecaji na vodene zajednice ovog zaštićenog područja.

Ključne riječi: biološke invazije, Dunav, Kopački rit, zaštićena područja**,** *Macrobrachium nipponense*, monitoring

A new invasive decapod in Kopački rit: First record of *Macrobrachium nipponense* in Croatia

FILIP LOŽEK[1], MATEJ VUCIĆ[2], SANDRA HUDINA[2], MARIJA VEREŠ[3], VLATKO ROŽAC[3], IZIDORA MARKOVIĆ VUKADIN[1]

[1] Institute for Tourism, Vrhovec 5, Zagreb, Croatia
[2] University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Biology, Rooseveltov trg 6, Zagreb, Croatia
[3] Public Institution Kopački rit Nature Park, Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Bilje, Croatia

Corresponding author: filip.lozek@iztzg.hr

Abstract

Palaeomonid shrimp *Macrobrachium nipponense* (De Haan, 1849) is an invasive species originally from East Asia that has recently been expanding throughout the Danube basin. During monitoring of invasive decapods conducted in Kopački Rit Nature Park in summer 2026, the species was recorded for the first time in Croatia. Trapping was performed using crayfish traps at 10 localities within the park. A total of five individuals were recorded at two localities: four at the mouth of the Hulovski Channel into the Danube River and one in Vemeljski Dunavac near the mouth of the Čarna Channel. Species identification was confirmed using molecular analysis of the COI marker, with the analysed specimens showing high genetic similarity to previously recorded individuals from the Danube in Hungary and Germany. This finding fills an important gap in the known distribution of *M. nipponense* along the Danube and provides further evidence of its continued spread through this major European river corridor. Given the ecological importance and high hydrological connectivity of Kopački Rit, further research is needed to determine the species' distribution, population status, and potential impacts on aquatic communities within this protected floodplain ecosystem.

Key words: biological invasions, Danube; Kopački rit, protected area, *Macrobrachium nipponense*; monitoring

Zaraza stabala brijesta veza (*Ulmus laevis*) gljivom *Ophiostoma novo-ulmi* u Kopačkom ritu

IVANA LUKAČ[1], ANĐELINA LOVRIĆ[1], LJILJANA KRSTIN[1], ZDENKO TURNIŠKI[2], MIRNA ĆURKOVIĆ-PERICA[3], ZORANA KATANIĆ[1]

[1] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek
[2] Hrvatske šume d.o.o., Ulica kneza Branimira 1, Zagreb
[3] Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Rooseveltov trg 6, Zagreb

Dopisni autor: zkatanic@biologija.unios.hr

Sažetak

Holandska bolest brijesta (DED) je vrlo destruktivna bolest vaskularnog venuća koja pogađa stabla brijesta (*Ulmus* spp.). Unošenje i širenje ove bolesti imalo je ozbiljne ekološke posljedice, posebno u Europi i Sjevernoj Americi gdje su autohtone vrste brijestova iznimno osjetljive na infekciju. Dvije uzastopne pandemije holandske bolesti uzrokovale su srodne fitopatogene gljive *Ophiostoma ulmi* i *O. novo-ulmi*, pri čemu je *O. novo-ulmi* znatno virulentnija vrsta. Bolest primarno prenose potkornjaci koji se razmnožavaju na oboljelim brijestovima, a kasnije prenose patogen hraneći se u krošnjama zdravih brijestova. Kontakt korijena između oboljelih i zdravih stabala također može omogućiti prijenos patogena. Kolonizacija gljive unutar ksilema rezultira venućem, odumiranjem krošnje i često brzim propadanjem stabala. Prisutnost vrste O. novo-ulmi prethodno je utvrđena na području Kopačkog rita, gdje su rasprostranjene dvije vrste brijesta, poljski brijest (*Ulmus minor*) i vez (*U. laevis*). Istraživanje koje je prethodno započeto na ovom području nastavljeno je i prošireno, s naglaskom na stabla vrste *U. laevis*. Istražena je pojava simptoma karakterističnih za DED, uključujući vanjske simptome poput venuća i sušenja listova, odumiranja krošnje i sušenja grana, te unutarnje simptome vidljive kao promjene boje vaskularnog tkiva na zaraženim granama. Ukupno je uzorkovano deset simptomatičnih stabala. Na istraženom području uočena su i asimptomatična i osušena stabla brijesta *U. laevis*. Infekcija svih simptomatičnih stabala potvrđena je izolacijom patogena koji je molekularno identificiran i karakteriziran. Dobiveni rezultati doprinose trenutnim spoznajama o učestalosti holandske bolesti brijesta i raznolikosti *O. novo-ulmi* u Kopačkom ritu.

Ključne riječi: holandska bolest brijesta, procjena simptoma, izolacija patogena, karakterizacija patogena

Infection of the European white elm (*Ulmus laevis*) by fungus *Ophiostoma novo-ulmi* in the area of Kopački rit

IVANA LUKAČ[1], ANĐELINA LOVRIĆ[1], LJILJANA KRSTIN[1], ZDENKO TURNIŠKI[2], MIRNA ĆURKOVIĆ-PERICA[3], ZORANA KATANIĆ[1]

[1] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia
[2] Croatian Forests Ltd., Ulica kneza Branimira 1, Zagreb, Croatia
[3] University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Biology, Rooseveltov trg 6, Zagreb, Croatia

Corresponding author: zkatanic@biologija.unios.hr

Abstract

Dutch elm disease (DED) is a destructive vascular wilt disease affecting elm trees (*Ulmus* spp.). The introduction and spread of DED have had serious ecological consequences, particularly in Europe and North America, where native elm species are highly susceptible to infection. The two successive pandemics of DED were caused by the related fungal pathogens *Ophiostoma ulmi* and *O. novo-ulmi*, respectively, with the latter being substantially more virulent. The disease is mainly transmitted by elm bark beetles, which reproduce on diseased elms and later transmit the pathogen while feeding in the crowns of healthy elms. Root contact between diseased and healthy trees can also enable transmission. Fungal colonization of the xylem results in wilting, crown dieback, and frequently rapid tree death. The presence of the DED pathogen *O. novo-ulmi* has previously been detected in the area of Kopački rit, where the European field elm (*Ulmus minor*) and the European white elm (*U. laevis*) are distributed. The research on DED previously initiated in this area was continued and expanded, focusing on *U. laevis* trees. Trees were surveyed for symptoms characteristic of DED, including external symptoms such as leaf wilting and desiccation, crown dieback, and dead branches, as well as internal symptoms represented by vascular discoloration visible on infected branches. In total, ten symptomatic trees were sampled. Both apparently asymptomatic and dead *U. laevis* trees were observed at the investigated site. Infection in each symptomatic tree was confirmed by pathogen isolation, and all isolates were molecularly identified and characterized. The obtained results contribute to current knowledge of the occurrence of DED and the diversity of *O. novo-ulmi* in Kopački rit.

Key words: Dutch elm disease, symptom assessment, pathogen isolation, pathogen characterization

Utjecaj tlačne sile na pucanje endokarpa američke crne trešnje (*Prunus serotina* Ehrh.)

MARIN LUKAČEVIĆ*, KRZYSZTOF SŁOWIŃSKI[1], BEATA GRYGIERZEC[2], ŁUKASZ MARCIN MATEUSIAK[1], EDITA ŠTEFANIĆ[3], AGNIESZKA SYNOWIEC[2], SYLWESTER TABOR[4], MICHAŁ GRANISZ[1**]

[1] Poljoprivredno sveučilište Krakov, Fakultet šumarstva, al. 29 Listopada 46, Krakov, Poljska (*student Doktorskog studija; **student prijediplomskog sveučilišnog studija)
[2] Poljoprivredno sveučilište Krakov, Fakultet agronomije i ekonomije, al. Mickiewicza 21, Krakov, Poljska
[3] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Ulica Vladimira Preloga 1, Osijek
[4] Poljoprivredno sveučilište Krakov Fakultet proizvodnog i energetskog inženjerstva, ul. Balicka 116 B, Krakov, Poljska

Dopisni autor: marin.lukacevic@urk.edu.pl

Sažetak

Primjena mehaničke tlačne sile predstavlja obećavajući pristup za smanjenje banke sjemena invazivnih korovnih vrsta, no učinkovitost može ovisiti o primijenjenoj sili i vlažnosti sjemena. U ovom istraživanju procijenjen je učinak tretmana kalibriranom tlačnom silom (CCF) na oštećenje endokarpa američke crne trešnje (*Prunus serotina* Ehrh.) u suhom stanju i nakon vlaženja (24-satnog namakanja). Šest različitih raspona sile (1–115, 116–135, 136–145, 146–155, 156–165 i ≥166 N) primijenjeno je pomoću univerzalnog stroja za ispitivanje Shimadzu AGX-V. Nakon tretmana endokarpi su vizualno pregledani i klasificirani kao neoštećeni (UE), djelomično oštećeni (PDE) ili potpuno oštećeni (CDE). Za analizu trendova u kategorijama oštećenja s povećanjem CCF-a korištena je Kendallova tau (τ) korelacijska analiza. Vrsta oštećenja znatno se razlikovala između suhih i namočenih endokarpa. Kod namočenih endokarpa povećanje CCF-a bilo je snažno povezano sa smanjenjem udjela UE-a ($\tau = -0.966$, $p < 0.001$) i paralelnim povećanjem udjela PDE-a ($\tau = 0.966$, $p < 0.001$), dok za CDE nije utvrđen značajan trend ($\tau = -0.596$, $p > 0.05$). Što se tiče suhih endokarpa, UE nije pokazao značajnu povezanost s CCF-om ($\tau = -0.067$, $p > 0.05$), pri čemu je kod PDE-a zabilježena snažna, ali statistički neznačajna negativna povezanost ($\tau = -0.600$, $p > 0.05$). Nasuprot tome, CDE se značajno povećao s povećanjem CCF-a ($\tau = 0.733$, $p < 0.05$). Ovi rezultati pokazuju da vlažnost snažno određuje ponašanje endokarpa pri lomu pod opterećenjem mehaničke tlačne sile, što rezultira specifičnim profilima oštećenja. Međutim, potrebna su daljnja istraživanja u terenskim uvjetima kako bi se utvrdilo može li mehanička tlačna sila učinkovito smanjiti banku sjemena *P. serotina* i posljedično smanjiti klijanje.

Ključne riječi: mehaničko opterećenje, mehaničko oštećenje, endokarp

Effects of compressive force on American black cherry (*Prunus serotina* Ehrh.) endocarp fracture

MARIN LUKAČEVIĆ[1]*, KRZYSZTOF SŁOWIŃSKI[1], BEATA GRYGIERZEC[2], ŁUKASZ MARCIN MATEUSIAK[1], EDITA ŠTEFANIĆ[3], AGNIESZKA SYNOWIEC[2], SYLWESTER TABOR,[4] MICHAŁ GRANISZ[1]**

[1] University of Agriculture in Kraków, Faculty of Forestry, al. 29 Listopada 46, Kraków, Poland (*PhD student; **BSc student)
[2] University of Agriculture in Kraków, Faculty of Agriculture and Economics, al. Mickiewicza 21, Kraków, Poland
[3] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences, Ulica Vladimira Preloga 1, Osijek, Croatia
[4] University of Agriculture in Kraków, Faculty of Production and Power Engineering, ul. Balicka 116 B, 3Kraków, Poland

Corresponding author: marin.lukacevic@urk.edu.pl

Abstract

Compressive force represents a promising approach to deplete invasive weed seedbanks, but its effectiveness may depend on both applied force and seed moisture. This study evaluated the effect of calibrated compressive force treatments (CCFs) on the damage of dry and wet (24-h soaked) American black cherry (Prunus serotina Ehrh.) endocarps. The CCFs were applied using the Shimadzu AGX-V universal testing machine across six force ranges: 1–115, 116–135, 136–145, 146–155, 156–165, and ≥166 N. Afterwards, endocarps were visually inspected and classified as undamaged (UE), partially damaged (PDE), or completely damaged (CDE). In order to analyse trends in damage categories with increasing CCFs, Kendall's tau (τ) correlation analysis was performed. The damage responses differed markedly between the two hydration states. In wet endocarps, increasing CCFs were strongly associated with a decrease in the UE ($\tau = -0.966$, $p < 0.001$) and a corresponding increase in the PDE ($\tau = 0.966$, $p < 0.001$), whereas the CDE showed no significant trend ($\tau = -0.596$, $p > 0.05$). As for the dry endocarps, the UE showed no significant association with CCFs ($\tau = -0.067$, $p > 0.05$), while the PDE showed a strong but non-significant negative association ($\tau = -0.600$, $p > 0.05$). In contrast, the CDE increased significantly with increasing CCFs ($\tau = 0.733$, $p < 0.05$). These findings demonstrate that hydration state strongly dictates endocarp fracturing under compressive force, with dry and wet endocarps exhibiting distinct damage responses. However, further field-scale research is needed to determine whether compressive force can effectively reduce P. serotina seedbanks and, subsequently, suppress germination.

Key words: mechanical loading; mechanical damage; endocarps

Od senzora do priča – ljudska strana projekta „WatchOut"

IVANA MAJIĆ[1],VLATKO ROŽAC[2], IVAN PLAŠČAK[1], SINIŠA OZIMEC[1]

[1] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Ulica Vladimira Preloga 1, Osijek
[2] Javna ustanova „Park prirode Kopački rit", Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Bilje

Dopisni autor: imajic@fazos.hr

Sažetak

Projekt „WatchOut" nastao je iz jednostavnog, ali ambicioznog pitanja: možemo li, umjesto da mjesecima obilazimo teren tražeći tragove pojedinih vrsta, "poslušati" cijeli ekosustav i iz zvukova prirode saznati koje vrste žive u Kopačkom ritu, gdje i kada? Tu su ideju zajedno oblikovali stručnjaci i znanstvenici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Parka prirode „Kopački rit", Rainforest Connection-a i WildMon-a, uz podršku lokalne zajednice u Bilju. Cilj ovog međunarodnog projekta bio je trogodišnjim kontinuiranim akustičkim praćenjem, uz pomoć stotinu uređaja za snimanje zvuka (AudioMoth) i umjetne inteligencije (CNN modeli), izgraditi dugoročnu metodologiju monitoringa bioraznolikosti primjenjivu i na druga zaštićena područja, te ujedno ojačati kapacitete lokalnog tima za samostalno vođenje takvih analiza u budućnosti. Koliko nam je poznato, riječ je o prvom projektu ovakvog opsega i metodologije provedenom u parku prirode ili nacionalnom parku u Hrvatskoj, pri čemu je poseban doprinos to što je u istom vremenskom razdoblju akustičkim uređajima bio pokriven gotovo cijeli park. Iza brojki i tehnologije stoji, prije svega, tim ljudi: istraživači, tehničko osoblje, čuvari prirode i volonteri, koji su tijekom sve tri godine, u svim vremenskim uvjetima, poplavama, blatu i mrazu, dostupnim vozilima i punim entuzijazmom, redovito izlazili na teren kako bi osigurali neprekinut niz podataka. To je omogućilo da projekt preraste u nešto veće od istraživanja. Kroz osnivanje „WatchOut Mission Centra" izgrađena je aktivna zajednica koja povezuje škole, lokalno stanovništvo i dionike zaštite prirode oko zajedničke brige za Kopački rit. Vidljivost projekta prepoznali su i mediji, uključujući nacionalnu televiziju, što je dodatno pridonijelo podizanju svijesti javnosti o važnosti dugoročnog praćenja bioraznolikosti u vrijeme sve izraženijih klimatskih promjena. Ovo uvodno predavanje predstavlja put projekta, od prve ideje, preko izazova provedbe na terenu, do izgrađene zajednice.

Ključne riječi: bioakustičko praćenje, bioraznolikost, zaštićena područja, umjetna inteligencija, izgradnja zajednice, monitoring divljih vrsta

Zahvala: Istraživanje je provedeno u sklopu projekta *Wetland and Wildlife Monitoring Using Technology and Acoustics* (WatchOut) (2022.-2026.) uz potporu tvrtke Huawei Technologies d.o.o. u okviru programa TECH4ALL Nature Guardian.

From sensors to stories – the human side of the "WatchOut" project

IVANA MAJIĆ[1],VLATKO ROŽAC[2], IVAN PLAŠČAK[1], SINIŠA OZIMEC[1]

[1] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Ulica Vladimira Preloga 1, Osijek, Croatia
[2] Public Institution Kopački rit Nature Park, Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Bilje, Croatia

Corresponding author: imajic@fazos.hr

Abstract

The "WatchOut" project was born from a simple yet ambitious question: instead of spending months in the field tracking individual species, could we "listen" to an entire ecosystem and learn, from the sounds of nature itself, which species live in Kopački rit, where, and when? This idea brought together the field expertise of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, the bioacoustic analysis and platform development expertise of Rainforest Connection and WildMon, and the long-standing knowledge of the Kopački rit Nature Park authority, supported by the local community in Bilje. The project's goal was to use three years of continuous acoustic monitoring, one hundred field devices, and artificial intelligence to build a long-term biodiversity monitoring methodology that could be applied to other protected areas, while also strengthening the local team's capacity to independently lead such analyses in the future. Behind the numbers and the technology stands, above all, a team of people: researchers, technical staff, park rangers and volunteers, who, over all three years and in every weather condition, through floods, mud and frost, with whatever vehicles were available and undiminished enthusiasm, kept going out into the field to ensure an uninterrupted stream of data. That persistence allowed the project to grow into something larger than research itself: through the establishment of the "WatchOut Mission Centre", an active community was built, connecting schools, local residents and conservation stakeholders around a shared commitment to Kopački rit. The project's visibility was also recognised by the media, including national television, which further helped raise public awareness of the importance of long-term biodiversity monitoring at a time when the effects of climate change are increasingly evident. This opening talk presents the project's journey, from the first idea, through the challenges of field implementation, to the community it has built.

Key words: acoustic monitoring, biodiversity, protected areas, artificial intelligence, community science, community engagement, wildlife monitoring

Acknowledgment: This research was conducted as part of the project *Wetland and Wildlife Monitoring Using Technology and Acoustics* (WatchOut) (2022–2026), supported by Huawei Technologies Ltd. within the TECH4ALL Nature Guardian programme.

Identifikacija i restauracija gnijezdećih staništa riječnih ptica na Dravi i Dunavu kroz projekt „Riparia: Restoring River Nesting Grounds“

TOMISLAV MANDIR[1], IVANA PAVASOVIĆ[1], ŽELJKA VREBAC[1], IVAN DARKO GRLICA[2], IVAN GRLICA[2]

[1] Javna ustanova Agencija za upravljanje zaštićenim prirodnim vrijednostima na području Osječko-baranjske županije, Županijska 4/III, Osijek
[2] Prirodoslovno društvo Drava, Ulica Petra Berislavića 19, Virovitica

Dopisni autor: tomislav.mandir@obz-zastita-prirode.hr

Sažetak

Prirodne strme riječne obale predstavljaju ključna, ali danas izrazito ugrožena staništa uslijed antropogenih regulacija vodotoka, izostanka prirodnih erozijskih procesa i progresivnog zaraštanja vegetacijom. Ova staništa presudna su za gniježđenje strogo zaštićenih vrsta riječnih ptica: bregunice (*Riparia riparia*), pčelarice (*Merops apiaster*) i vodomara (*Alcedo atthis*). S ciljem identifikacije, monitoringa i aktivne obnove ovih staništa, Javna ustanova za zaštitu prirode Osječko-baranjske županije provodila je od lipnja 2025. do kraja lipnja 2026. godine projekt „Riparia: Restoring River Nesting Grounds“, financiran od strane DANUBEPARKS-a, mreže zaštićenih područja uz rijeku Dunav u okviru Regionalne Ramsarske inicijative. U suradnji s Prirodoslovnim društvom „Drava“ proveden je opsežan terenski monitoring i kartiranje kolonija duž 140 km toka rijeke Drave (104–0 rkm) i 36 km Dunava (1383–1347 rkm). Kao temeljni stručni rezultat projekta izrađena je i publicirana studija „Identifikacija pogodnih lokacija i izrada smjernica za restauraciju kolonija riječnih ptica na Dravi i Dunavu“. Istraživanjem je identificirano ukupno devet potencijalnih lokaliteta za obnovu (sedam na Dravi i dva na Dunavu) te su definirani tehnički parametri i smjernice za njihovu revitalizaciju. Na temelju prikupljenih podataka, neposredno prije početka sezone gniježđenja u travnju 2026. godine, uspješno su provedene dvije pilot-akcije aktivne obnove staništa na Dravi kod Podravske Moslavine. U suradnji s volonterima Udruge studenata biologije „ZOA“, uklonjena je vegetacija i naplavine te su ručno profilirane i pomlađene vertikalne strmine, čime su osigurani optimalni morfološki uvjeti za iskopavanje gnijezdećih tunela. Također, u sklopu projekta održana je dionička radionica usmjerena na međusektorsku suradnju i usklađivanje s Nacionalnim planom obnove prirode. U narednom razdoblju, Javna ustanova će razvijene smjernice i rezultate projekta koristiti kao temelj za provedbu konkretnih restauracijskih aktivnosti na preostalim identificiranim lokacijama duž Drave i Dunava, uz nastojanje da se mjere aktivne obnove strmih obala dugoročno integriraju u redovne planove upravljanja rijekama i očuvanja biološke raznolikosti.

Ključne riječi: *Riparia riparia*, bregunica, Drava, Dunav, obnova staništa, strme riječne obale, DANUBEPARKS

Identification and restoration of riverine bird nesting habitats on the Drava and Danube rivers through the project "Riparia: Restoring River Nesting Grounds"

TOMISLAV MANDIR[1], IVANA PAVASOVIĆ[1], ŽELJKA VREBAC[1], IVAN DARKO GRLICA[2], IVAN GRLICA[2]

[1] Public Institution Agency for the Management of Protected Natural Values in Osijek-Baranja County, Županijska 4/III, Osijek, Croatia
[2] Natural History Society Drava, Ulica Petra Berislavića 19, Virovitica, Croatia

Corresponding author: tomislav.mandir@obz-zastita-prirode.hr

Abstract

Natural steep riverbanks represent crucial yet critically endangered habitats today due to anthropogenic river regulation, the disruption of natural erosion dynamics, and progressive vegetation encroachment. These habitats are vital for the nesting of strictly protected riverine bird species: the sand martin (*Riparia riparia*), the European bee-eater (*Merops apiaster*), and the common kingfisher (*Alcedo atthis*). To identify, monitor, and actively restore these habitats, the Public Institution for Nature Protection of Osijek-Baranja County implemented the project "Riparia: Restoring River Nesting Grounds" from June 2025 to late June 2026, funded by the DANUBEPARKS Network of Protected Areas along the Danube River as part of the Regional Ramsar Initiative. In cooperation with the Natural History Society „Drava", comprehensive field monitoring and colony mapping were carried out along 140 km of the courses of the Drava River (rkm 104–0) and 36 km of the Danube River (rkm 1383–1347). As the core scientific output of the project, an expert study titled "Identification of Suitable Locations and Development of Guidelines for the Restoration of Riverine Bird Colonies on the Drava and Danube Rivers" was prepared and published. The research identified nine potential restoration sites (seven on the Drava and two on the Danube) and defined technical parameters and guidelines for their revitalisation. Building directly upon the collected data, two targeted pilot habitat restoration actions were successfully carried out on the Drava River near Podravska Moslavina in April 2026, just prior to the start of the nesting season. In collaboration with volunteers from the Biology Students Association "ZOA," encroaching vegetation and debris were removed, and vertical cliffs were manually reprofiled and rejuvenated, thereby securing optimal morphological conditions for excavating nesting burrows. Additionally, a stakeholder workshop focusing on cross-sectoral cooperation and alignment with the National Nature Restoration Plan was held as part of the project. In the upcoming period, the Public Institution will utilize the established guidelines and project outcomes as an operational framework to carry out concrete restoration activities across the remaining identified sites along the Drava and Danube, striving to integrate active bank restoration measures into long-term river management plans and biodiversity conservation strategies.

Key words: *Riparia riparia*, Sand Martin, Drava, Danube, habitat restoration, steep riverbanks, DANUBEPARKS

Okolišna dimenzija održivosti u okviru globalnih ciljeva održivog razvoja: Komparativna analiza promjena 2020. i 2025. godine

KATARINA MAROŠEVIĆ

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Pravni fakultet Osijek, Ulica Stjepana Radića 13, Osijek

Dopisni autor: katarina.marosevic@pravos.hr

Sažetak

Održivi razvoj podrazumijeva uspješan balans u društvenoj, ekonomskoj i okolišnoj dimenziji. Praćenje održivog razvoja moguće je putem Globalnih ciljeva održivog razvoja (COR) postavljenih 2015. godine od strane Ujedinjenih naroda. COR su utemeljeni u 17 ciljeva poznatih još i kao Program globalnog razvoja za 2030., ali i kao Agenda 2030 za održivi razvoj, podijeljenih prema navedene tri dimenzije – društvenu, ekonomsku i okolišnu. Okolišna dimenzija podrazumijeva sljedeće COR – cilj 6 "Čista voda i sanitarni uvjeti", cilj 13 "Odgovor na klimatske promjene", cilj 14 "Očuvanje vodenog svijeta" i cilj 15 "Očuvanje života na kopnu". Stoga je cilj ovoga rada analizirati COR pripadajuće okolišne dimenzije u Republici Hrvatskoj te komparirati ostvarene zabilježene rezultate u 2020. u odnosu na 2025. godinu. Po uvidu u stanje okolišne dimenzije COR, analizirani su izabrani projekti kojima ih je moguće unaprijediti kao i dane preporuke temeljem uvida u pregled relevantne literature, kako bi se u obzir osim nacionalne perspektive uzela i važna lokalna perspektiva. Metodološki je rad temeljen na sljedećim metodama: povijesna, komparativna, indukcija i dedukcija te teorijska analiza relevantne znanstvene literature. Rad nakon pregleda literature o važnosti praćenja okolišne dimenzije održivog razvoja daje komparativni prikaz ostvarenih rezultata COR u 2020. u odnosu na 2025. godinu. Zatim je napravljen uvid u pozitivne primjere projekata za promicanje lokalnog razvoja na razini izabranih COR – COR6, COR13, COR14 i COR15, čime se ujedno povezuje nacionalna i lokalna perspektiva.

Ključne riječi: održivi razvoj, globalni ciljevi održivog razvoja, okolišna dimenzija, Republika Hrvatska, lokalni razvoj

The environmental dimension of sustainability within the global goals of sustainable development: A comparative analysis of the 2020 and 2025 changes

KATARINA MAROŠEVIĆ

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Law Osijek, Ulica Stjepana Radića 13, Osijek, Croatia

Corresponding author: katarina.marosevic@pravos.hr

Abstract

Sustainable development implies a successful balance in the social, economic and environmental dimensions. Monitoring of sustainable development is possible through the Global Sustainable Development Goals (SDGs) set by the United Nations in 2015. The SDGs are based on 17 goals, also known as the 2030 Global Development Program, but also as the 2030 Agenda for Sustainable Development, divided according to the three dimensions mentioned – social, economic and environmental. The environmental dimension includes the following SDGs – Goal 6 "Clean Water and Sanitation", Goal 13 "Climate Action", Goal 14 "Life below Water" and Goal 15 "Life on Land". Therefore, the aim of this paper is to analyze the SDGs related to environmental dimension for the Republic of Croatia and to compare the achieved recorded results in 2020 compared to 2025. After gaining insight into the state of the SDGs environmental dimension, selected projects that could increase environmental dimension of SDGs, as well as recommendations that could be given based on an insight into the review of relevant literature is given, in order to take into account not only the national perspective, but also the important local perspective. The methodological work is based on the following methods: historical, comparative, induction and deduction, and theoretical analysis of relevant scientific literature. After reviewing the literature on the importance of monitoring the environmental dimension of sustainable development, the paper provides a comparative overview of the achieved SDG results in 2020 compared to 2025. Then, an insight was made into positive examples of projects for promoting local development at the level of selected SDGs – SDG6, SDG13, SDG14 and SDG15, which also connects the national and local perspectives.

Key words: sustainable development, global sustainable development goals, environment dimension, Republic of Croatia, local development

Dugoročni učinci izloženosti srebrnim nanočesticama na zebricu (*Danio rerio*)

JAKUB MARTYNOW[1]*, KACPER KAWALSKI[1], MACIEJ KAMASZEWSKI[1], HUBERT SZUDROWICZ[1], WIKTORIA CIEŚLA[1], BOGUMIŁ ŁOSIEWICZ[1,2]

[1] Sveučilište prirodnih znanosti u Varšavi, Fakultet za bioekonomiju i prehrambene sustave, Zavod za biologiju okoliša životinja, Ciszewskiego 8/23, Varšava, Poljska (*student Doktorskog studija)
[2] Poljska akademija znanosti, Kielanowski institut za animalnu fiziologiju i prehranu, Zavod za genetičko inženjerstvo, Instytucka 3, Jabłonna, Poljska

Dopisni autor: maciej_kamaszewski@sggw.edu.pl

Sažetak

Srebrne nanočestice (AgNP) sve su prisutnije u vodenim ekosustavima, što izaziva zabrinutost zbog njihovih potencijalnih učinaka na razvoj i reprodukciju riba. Cilj ovog istraživanja bio je procijeniti utjecaj kronične izloženosti AgNP-ima na rast, morfologiju i razvoj jajnika zebrice (*Danio rerio* Hamilton, 1822). Glavno pitanje istraživanja bilo je mogu li koncentracije AgNP-a relevantne za okoliš utjecati na somatski rast i reproduktivno sazrijevanje. U tu su svrhu zebrice od tridesetog dana nakon izlijeganja u periodu od 100 dana bile izložene s četiri koncentracije AgNP-a (0, 0,001, 0,01 i 1 mg/dm³). Nakon istraživanja jedinke su izmjerene te je provedena histološka analiza cijelog organizma. Izloženost AgNP-ima rezultirala je smanjenom tjelesnom veličinom i masom u svim tretiranim skupinama u usporedbi s kontrolom. Učinci na razvoj jajnika bili su ovisni o koncentraciji. Najniža koncentracija (0,001 mg/dm³) ubrzala je spolno sazrijevanje, što je bilo vidljivo kroz veći udio previtelogenih oocita (58,67 %). Suprotno tome, više koncentracije (0,01 i 1 mg/dm³) usporile su razvoj jajnika, što se očitovalo povećanim udjelom oogonija (67,31 % odnosno 65,76 %). Smrtnost je ostala relativno niska, iako su među istraživanim skupinama zabilježene manje razlike. Dobiveni rezultati ukazuju da kronična izloženost AgNP-ima narušava normalan rast i reproduktivni razvoj zebrice, pri čemu se učinci razlikuju ovisno o koncentraciji. Dok najniža ispitivana koncentracija može potaknuti spolno sazrijevanje, više koncentracije mogu usporiti razvoj jajnika. Ovo istraživanje naglašava potencijalne ekološke rizike onečišćenja nanočesticama te potrebu za uzimanjem u obzir učinaka ovisnih o dozi pri procjeni sigurnosti nanomaterijala u okolišu.

Ključne riječi: histopatologija, razvojna toksičnost, toksikologija vodenih sustava, spolno sazrijevanje

Longterm impact of silver nanoparticles on zebrafish (*Danio rerio*)

JAKUB MARTYNOW[1], KACPER KAWALSKI[1], MACIEJ KAMASZEWSKI[1], HUBERT SZUDROWICZ[1], WIKTORIA CIEŚLA[1], BOGUMIŁ ŁOSIEWICZ[1,2]

[1] Warsaw University of Life Sciences, Faculty of Bioeconomy and Food Systems, Department of Animal Environment Biology, Ciszewskiego 8/23, Warsaw, Poland (*PhD student)
[2] Polish Academy of Sciences, Kielanowski Institute of Animal Physiology and Nutrition, Department of Genetic Engineering, Instytucka 3, Jabłonna, Poland

Corresponding author: maciej_kamaszewski@sggw.edu.pl

Abstract

Silver nanoparticles (AgNPs) are increasingly present in aquatic environments, raising concerns about their potential effects on fish development and reproduction. This study aimed to evaluate how chronic exposure to AgNPs affects growth, morphology, and ovarian development in female zebrafish (*Danio rerio* Hamilton, 1822). The main question addressed was whether environmentally relevant concentrations of AgNPs alter somatic growth and reproductive maturation. To investigate this, zebrafish were exposed from 30 days post-hatching for 100 days to four AgNPs concentrations (0, 0.001, 0.01, and 1 mg/dm³). At the end of the exposure, fish were measured and subjected to whole-body histological analysis. AgNP exposure resulted in a reduction in body size and weight across treatment groups compared with controls. Effects on ovarian development were concentration-dependent. The lowest concentration (0.001 mg/dm³) accelerated sexual maturation, as indicated by a higher proportion of previtellogenic oocytes (58.67%). In contrast, higher concentrations (0.01 and 1 mg/dm³) delayed ovarian development, reflected by an increased proportion of oogonia (67.31% and 65.76%, respectively). Mortality remained relatively low but varied slightly among groups. These findings suggest that chronic AgNP exposure disrupts normal growth and reproductive development in zebrafish, with contrasting effects at low versus higher concentrations. The study highlights the potential ecological risks of nanoparticle contamination and underscores the need to consider dose-dependent effects when assessing environmental safety.

Key words: aquatic toxicology, developmental toxicity, emerging pollutants, histopathology, sexual maturation

Pilot aktivnosti u okviru Ramsarske regionalne incijative Danube WILDisland

MATEJ MARUŠIĆ[1], PETAR GLAVAŠ[1], ANITA CHENESHKOVA[1], VLATKO ROŽAC[2]

[1] DANUBEPARKS – Mreža zaštićenih područja uz rijeku Dunav, Schloss Orth, Orth an der Donau, Austrija
[2] Javna ustanova „Park prirode Kopački rit", Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Bilje

Dopisni autor: m.marusic@danubeparks.org

Sažetak

Regionalne ramsarske inicijative (RRI) su službeni oblici suradnje unutar Konvencije o vlažnim staništima, poznate kao Ramsarska konvencija, kojima države članice povezuju rad na očuvanju vlažnih staništa. DANUBEPARKS – mreža zaštićenih područja na rijeci Dunav je 2024. godine pokrenula prvu europsku Ramsarsku regionalnu inicijativu vezanu za riječna staništa pod nazivom „Danube WILDisland Ramsar Regional Initiative". Inicijativa povezuje zaštićena i ramsarska područja iz 10 zemalja uz Dunava te potiče prekograničnu suradnju, razmjenu znanja i provedbu konkretnih mjera očuvanja i obnove riječnih otoka, obala, močvara i poplavnih područja. U okviru mjera RRI-1 i RRI-2 odobreno je 7 pilot-aktivnosti u Njemačkoj, Slovačkoj, Hrvatskoj, Srbiji i Bugarskoj, ukupne vrijednosti 45.822,18 EUR. Aktivnosti obuhvaćaju različite mjere kao što su: obnova staništa, istraživanje i monitoring, priprema budućih restauracijskih zahvata te razmjena znanja i uključivanje dionika. Među dosadašnjim rezultatima ističu se obnova otoka za gniježđenje crvenokljune čigre (*Sterna hirundo*) na jezeru Albschüttsee u Bavarskoj na području Neuburg-Schrobenhausen te javna prezentacija analize približno 360 bavarskih dunavskih otoka ključnim lokalnim dionicima od strane distrikta Passau. Kao rezultat ove aktivnosti identificirano je oko 80 područja s potencijalom za obnovu nekadašnjih otoka, što daje izvrsne temelje za buduće projekte i aktivnosti u okviru Ramsarske regionalne inicijative. Udruga BROZ iz Slovačke kao pilot aktivnost je odabrala obnovu 2.200 m² močvarnog staništa na području Veľkolélsky Ostrov u Slovačkoj. Na području Hrvatske je Javna ustanova Agencija za upravljanje zaštićenim prirodnim vrijednostima na području Osječko-baranjske županije, identificirala 9 potencijalnih lokacija i obnovila 2 strme riječne obale uz Dravu za gniježđenje ptica kao što su: bregunice (*Riparia riparia*), pčelarice (*Merops apiaster*) i vodomari (*Alcedo atthis*). Ostale aktivnosti koje su tek u provedbi, uključju: izradu studije poboljšanja vodnog režima močvare Kaykusha u Bugarskoj, istraživanje obične lisanke (*Unio crassus*) u Parku prirode Lonjsko polje te planiranje restauracijskih mjera u Specijalnom rezervatu prirode Gornje Podunavlje. Pilot-aktivnosti pokazuju kako međunarodna Ramsarska regionalna inicijativa za zaštitu divljih otoka može povezati zajedničke strateške ciljeve s konkretnim lokalnim zahvatima te stvoriti osnovu za njihovo širenje na druga područja duž dunavskog riječnog koridora.

Ključne riječi: restauracija, DANUBEPARKS, zaštićena područja, Dunav, Ramsarska područja

Pilot activities within the Danube WILDisland Ramsar Regional Initiative

MATEJ MARUŠIĆ[1], PETAR GLAVAŠ[1], ANITA CHENESHKOVA[1], VLATKO ROŽAC[2]

[1] DANUBEPARKS – Danube River Network of Protected Areas, Schloss Orth, Orth an der Donau, Austria
[2] Public Institution Kopački rit Nature Park, Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Bilje, Croatia

Corresponding author: m.marusic@danubeparks.org

Abstract
Ramsar Regional Initiatives (RRIs) are officially recognised mechanisms for cooperation under the Convention on Wetlands, known as the Ramsar Convention, through which Contracting Parties coordinate their efforts in wetland conservation. In 2024, DANUBEPARKS – Danube River Network of Protected Areas launched the first European RRI dedicated to riverine habitats, under the name "Danube WILDisland RRI". The Initiative connects protected areas and Ramsar Sites in 10 countries along the Danube and promotes transboundary cooperation, knowledge exchange, and the implementation of concrete measures for the conservation and restoration of river islands, riverbanks, wetlands, and floodplains. Under measures RRI-1 and RRI-2, seven pilot activities with a total value of EUR 45,822.18 were approved in Germany, Slovakia, Croatia, Serbia, and Bulgaria. These activities include various measures such as habitat restoration, research and monitoring, preparation of future restoration interventions, knowledge exchange, and stakeholder engagement. The results achieved to date include the restoration of an island used as a nesting site by the Common Tern (*Sterna hirundo*) at Lake Albschüttsee in the Neuburg-Schrobenhausen district of Bavaria, as well as the public presentation by the Passau district of an analysis of approximately 360 Bavarian Danube islands to key local stakeholders. As a result of this activity, approximately 80 areas with potential for the restoration of former islands were identified, providing an excellent basis for future projects and activities within the RRI. As its pilot activity, the Slovak organisation BROZ selected the restoration of 2,200 m² of wetland habitat on Veľkolélsky Ostrov in Slovakia. In Croatia, the Public Institution Agency for Managing of Protected Natural Values in Osijek-Baranja County identified nine potential sites and restored two steep riverbanks along the Drava to provide nesting habitats for bird species such as the Sand Martin (*Riparia riparia*), European Bee-eater (*Merops apiaster*), and Common Kingfisher (*Alcedo atthis*). Other activities that are still being implemented include the preparation of a study on improving the water regime of the Kaykusha wetland in Bulgaria, research on the Thick-shelled River Mussel (*Unio crassus*) in Lonjsko Polje Nature Park, and the planning of restoration measures in the Gornje Podunavlje Special Nature Reserve. The pilot activities demonstrate how an international RRI for the conservation of wild river islands can connect shared strategic objectives with concrete local interventions and provide a basis for their replication in other areas along the Danube river corridor.

Key words: restoration, DANUBEPARKS, protected areas, Danube, Ramsar sites

Slikovnica iz serijala „Zelene priče“ Martine Markov kao poticaj za učenje o prirodi: „Marko u Lonjskom polju“

DANIJELA MATEŠIĆ[1,2*], VALENTINA MAJDENIĆ[2], IRELLA BOGUT[2], ANITA TOT[2*], IVANČICA JURČEVIĆ[3]

[1] Dječji vrtić Osijek, Vijenac Ivana Meštrovića 7, Osijek
[2] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet za odgojne i obrazovne znanosti, Ulica cara Hadrijana 10, Osijek (*studentica Doktorskog studija Obrazovne znanosti i perspektive obrazovanja)
[3] Javna ustanova „Park prirode Kopački rit“, Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Bilje

Dopisni autor: aniitatot@gmail.com

Sažetak

U suvremenom društvu jača potreba za očuvanjem prirode i razvojem ekološke svijesti od najranije dobi. Klimatske promjene, gubitak staništa i smanjenje bioraznolikosti upućuju na važnost ranog oblikovanja stavova, vrijednosti i navika prema prirodi. Slikovnica je jedno od prvih djetetovih susreta s književnošću, a ekološke slikovnice i basne djeci kroz likove životinja približavaju prirodu i poruke o njezinu očuvanju. One potiču empatiju, razumijevanje i odgovoran odnos prema živome svijetu. Uz prirodu, važno je od najranije dobi upoznavati i kulturnu baštinu jer se time razvija osjećaj pripadnosti i poštovanja prema vlastitom naslijeđu. Slikovnica „Marko u Lonjskom polju“ dr. sc. Martine Markov, iz serijala „Zelene priče“, odabrana je kao poticaj za istraživanje jer djeci razumljivo približava prirodne ljepote, biljni i životinjski svijet te kulturnu baštinu Parka prirode Lonjsko polje. Cilj je bio ispitati kako čitalačke i prirodoslovne aktivnosti potaknute slikovnicom pridonose razumijevanju okoliša i važnosti očuvanja živoga svijeta kod djece predškolske dobi. Provedeno je kvalitativno istraživanje u skupini predškolske djece. Podaci su prikupljeni promatranjem, analizom izjava, likovnih i stvaralačkih radova te dokumentiranjem procesa. Aktivnosti su uključivale zajedničko čitanje, razgovore, istraživanje, simboličku igru, likovno izražavanje, modeliranje, izradu makete Lonjskog polja i posjet Parku prirode Kopački rit. Rezultati pokazuju da je ekološka slikovnica o prirodoslovnoj baštini snažno potaknula interes djece za prirodu, biljni i životinjski svijet te očuvanje živoga svijeta. Djeca su stečena znanja spontano prenosila u igru, likovno izražavanje i svakodnevne aktivnosti, razvijala istraživački pristup te nova saznanja širila i izvan ustanove. Istraživanje potvrđuje da povezivanje čitalačkih aktivnosti s neposrednim iskustvom u prirodi pridonosi razvoju prirodoslovnih znanja, ekološke svijesti i pozitivnoga odnosa prema prirodi.

Ključne riječi: ekološki odgoj, Lonjsko polje, kulturna baština, slikovnica, učenje o prirodi, zaštićena područja

A picture book series „Green Stories" by Martina Markov as an inspiration for learning about nature: „Marko in Lonjsko Polje"

DANIJELA MATEŠIĆ[1,2]*, VALENTINA MAJDENIĆ[2], IRELLA BOGUT[2], ANITA TOT[2]*, IVANČICA JURČEVIĆ[3]

[1] Kindergarten Osijek, Vijenac Ivana Meštrovića 7, Osijek, Croatia
[2] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Education, Ulica cara Hadrijana 10, Osijek, Croatia (*PhD student of the Doctoral Programme in Educational Sciences and Perspectives in Education)
[3] Public institution Kopački rit Nature Park, Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Bilje, Croatia

Corresponding author: aniitatot@gmail.com

Abstract

In contemporary society, the need to preserve nature and develop ecological awareness from an early age is growing. Climate change, habitat loss and declining biodiversity point to the importance of shaping attitudes, values and habits toward nature early on. A picture book is one of a child's first encounters with literature, and ecological picture books and fables bring nature and messages about its preservation closer to children through animal characters. They encourage empathy, understanding and a responsible relationship toward the living world. Alongside nature, it is important to introduce cultural heritage from an early age, as this develops a sense of belonging and respect for one's heritage. The picture book „Marko in Lonjsko Polje" by Martina Markov, PhD, from the „Green Stories" series, was chosen as a stimulus for the research because it presents in a child-friendly way the natural beauty, plant and animal life, and cultural heritage of Lonjsko Polje Nature Park. The aim was to examine how reading and science activities inspired by the picture book contribute to preschool children's understanding of the environment and the importance of preserving the living world. Qualitative research was conducted in a preschool group. Data were collected through observation, analysis of children's statements, artistic and creative works, and documentation of the process. Activities included shared reading, conversations, exploration, symbolic play, artistic expression, modelling, making a model of Lonjsko Polje, and a visit to Kopački Rit Nature Park. The results show that the ecological picture book about natural heritage strongly stimulated children's interest in nature, plant and animal life, and the preservation of the living world. Children spontaneously transferred the knowledge they gained into play, artistic expression and everyday activities, developed an inquiry-based approach to learning, and shared new knowledge beyond the educational institution. The research confirms that linking reading activities with direct experience in nature contributes to the development of scientific knowledge, ecological awareness and a positive relationship toward nature.

Key words: environmental education, Lonjsko Polje, cultural heritage, picture book, learning about nature, protected areas

Izazovi upravljanja malim indijskim mungosom (*Urva auropunctata* Hodgson, 1836) u prekograničnom području Delte Neretve i Hutova blata

NIKOLA MENALO, IRENA ROZIĆ, JOSIP VEKIĆ

Javno poduzeće Park prirode „Hutovo blato", Karaotok bb, Višići, Čapljina, Bosna i Hercegovina

Dopisni autor: office@hutovo-blato.ba

Sažetak

Mali indijski mungos (*Urva auropunctata* Hodgson, 1836) jedna je od najuspješnijih invazivnih stranih vrsta na istočnoj obali Jadrana te predstavlja značajnu prijetnju autohtonoj bioraznolikosti. Cilj rada bio je analizirati stanje vrste i izazove povezane s njezinim upravljanjem u prekograničnom području Delte Neretve i Parka prirode Hutovo blato, s posebnim naglaskom na važnost međunarodne suradnje u sprječavanju njezina daljnjeg širenja. Rad se temelji na pregledu dostupne znanstvene i stručne literature, relevantnih planskih dokumenata te podataka o prisutnosti i monitoringu vrste u Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini. Posebna pozornost posvećena je ulozi rijeke Neretve kao potencijalne prirodne barijere širenju vrste te razlikama u pristupima upravljanju s obje strane državne granice. Rezultati pokazuju da mali indijski mungos može negativno utjecati na populacije manjih kralježnjaka putem predacije i kompeticije za resurse. U Hrvatskoj se provode sustavni monitoring i aktivno uklanjanje jedinki s ciljem ograničavanja daljnjeg širenja vrste iz područja Delte Neretve prema sjeveru. Istodobno, potvrđeni nalazi mungosa na području Hutova blata ukazuju na to da je vrsta već prešla Neretvu kao potencijalnu prirodnu barijeru te je prisutna i na području Bosne i Hercegovine. Analiza je također pokazala razlike u intenzitetu monitoringa i provedbi mjera kontrole između dviju država. Zaključuje se da učinkovito upravljanje malim indijskim mungosom na području Delte Neretve i Hutova blata zahtijeva usklađene programe monitoringa, sustavnu razmjenu podataka te zajedničko planiranje i provedbu mjera upravljanja između Hrvatske i Bosne i Hercegovine. Dugoročna prekogranična suradnja ključna je za smanjenje negativnih utjecaja ove invazivne vrste i očuvanje bioraznolikosti jednog od najvrjednijih močvarnih ekosustava jugoistočne Europe.

Ključne riječi: invazivne strane vrste, mali indijski mungos, *Urva auropunctata*, Delta Neretve, Hutovo blato, prekogranično upravljanje

Management challenges of the small indian mongoose (*Urva auropunctata* Hodgson, 1836) in the transboundary area of the Neretva Delta and Hutovo Blato

NIKOLA MENALO, IRENA ROZIĆ, JOSIP VEKIĆ

Public Enterprise Hutovo Blato Nature Park, Karaotok bb, Višići, Čapljina, Bosnia and Herzegovina

Corresponding author: office@hutovo-blato.ba

Abstract

The small Indian mongoose (*Urva auropunctata* Hodgson, 1836) is one of the most successful invasive alien species along the eastern Adriatic coast and represents a significant threat to native biodiversity. The aim of this study was to analyse the status of the species and the challenges associated with its management in the transboundary area of the Neretva Delta and Hutovo Blato Nature Park, with particular emphasis on the importance of international cooperation in preventing its further spread. The study is based on a review of available scientific and professional literature, relevant management documents, and data on the occurrence and monitoring of the species in Croatia and Bosnia and Herzegovina. Particular attention was given to the role of the Neretva River as a potential natural barrier to the species' spread and to differences in management approaches on both sides of the state border. The results indicate that the small Indian mongoose can negatively affect populations of small vertebrates through predation and competition for resources. In Croatia, systematic monitoring and active removal of individuals are implemented with the aim of limiting the further northward spread of the species from the Neretva Delta. At the same time, confirmed records of the mongoose in the Hutovo Blato area indicate that the species has already crossed the Neretva River as a potential natural barrier and is present in Bosnia and Herzegovina. The analysis also revealed differences in the intensity of monitoring and implementation of control measures between the two countries. It is concluded that effective management of the small Indian mongoose in the Neretva Delta–Hutovo Blato area requires coordinated monitoring programmes, systematic exchange of data, and joint planning and implementation of management measures between Croatia and Bosnia and Herzegovina. Long-term transboundary cooperation is essential for reducing the negative impacts of this invasive species and for conserving the biodiversity of one of the most valuable wetland ecosystems in southeastern Europe.

Key words: invasive alien species, small Indian mongoose, *Urva auropunctata*, Neretva Delta, Hutovo Blato, transboundary management

Utjecaji ekstremnih suša na vodene ekosustave poplavnog područja Kopačkog rita

MELITA MIHALJEVIĆ, FILIP STEVIĆ, DUBRAVKA ŠPOLJARIĆ MARONIĆ, TANJA ŽUNA PFEIFFER, VANDA ZAHIROVIĆ

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek

Dopisni autor: mmihaljevic@biologija.unios.hr

Sažetak

Aktualno svjedočimo ekstremno sušnom razdoblju koje je zahvatilo cijeli Dunavski bazen. Primjerice, vodostaj Dunava kod Budimpešte je 8. rujna 2026. godine pao na povijesno nisku razinu od samo 0,01 m. Prema priopćenju Međunarodne asocijacije za istraživanje Dunava (International Association for Danube Research, IAD) na 96 % procijenjenih dionica rijeke Dunav bilježe se niski vodostaji, dok se njih 80 % približava rekordno niskim razinama. Postavlja se pitanje kakve posljedice na vodene ekosustave Kopačkog rita imaju ekstremna sušna razdoblja koja se u posljednje dvije dekade sve češće događaju, te su zabilježena u kasnoproljetnom i ljetnom razdoblju u 2003. godini te nakon toga u 2015. godini pa ponovno u 2022. godini i aktualno u 2026. godini. Za poplavno područje Kopačkog rita, u kojem su mozaično raspoređeni razni tipovi vodenih i vlažnih staništa, od presudne je važnosti vodostaj Dunava budući da se opskrba vodom odvija najvećim dijelom površinskim dotokom dunavske vode putem prirodne kanalske mreže. U vrijeme niskih vodostaja Dunava, povremeni vodeni lokaliteti se isušuju i prelaze u kopnena staništa dok se značajno reducira površina i dubina trajnih plitkih jezera koja postaju izolirana vodna tijela. Velika količina nutrijenata, mala dubina i visoke temperature vode idealni su uvjeti za razvoj vodnog cvijeta fitoplanktona, a posebno cijanobakterija. Takva situacija bila je za vrijeme ekstremne suše u 2003. godini kada je količina fitoplanktona dosegla vrijednosti od preko 200 mg/L, a vodni cvijet činile su nekoliko vrsta cijanobakterija uz dominaciju alohtone potencijalno toksične vrste *Raphidiopsis raciborskii*. Međutim, tijekom posljednje dvije dekade događaju se cikličke pojave ekstremno sušnih i ekstremno poplavnih zbivanja, a posljedično dolazi do cikličkih promjena ekološkog stanja Sakadaškog jezera. Tako se izmjenjuju stanje bogato fitoplanktonom i stanje tzv. čiste vode kada makrofitska vegetacija postaje dominantni primarni producent u jezeru. Posebno je zanimljivo da u ekstremno sušnim razdobljima više ne dolazi do masovnog razvoja toksičnih cijanobakterija iako za to postoje idealni uvjeti, a posljedice bi mogle biti katastrofalne za ekosustav u smislu pomora riba i drugih životinjskih organizama. Sveukupno, prema priopćenju IAD-a iz rujna 2006, ekstremno niski vodostaji Dunava kakvi su zabilježeni 2026. godine su upozorenje na dostupnost vode u slivu Dunava. Istaknuto je da u svrhu zaštite i očuvanja dunavskih poplavnih područja cilj nije samo dovesti više vode u riječno korito, već stvoriti sliv koji može zadržati vodu kada je ima u izobilju te održati rijeke i ekosustave kada vode nedostaje.

Ključne riječi: Dunav, poplavna područja, ekstremna hidrološka zbivanja, vodeni ekosustavi

The impacts of extreme droughts on water ecosystems of Kopački rit floodplain

MELITA MIHALJEVIĆ, FILIP STEVIĆ, DUBRAVKA ŠPOLJARIĆ MARONIĆ, TANJA ŽUNA PFEIFFER, VANDA ZAHIROVIĆ

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia

Corresponding author: mmihaljevic@biologija.unios.hr

Abstract

We are currently witnessing an extreme drought affecting the entire Danube basin. For instance, on September 8, 2026, the Danube's water level at Budapest dropped to a historic low of just 0.01 m. According to a statement by the International Association for Danube Research (IAD), low water levels are being recorded along 96% of the assessed sections of the Danube, with 80% approaching record lows. This raises the question of the impact that extreme drought periods—which have occurred with increasing frequency over the last two decades (notably in the late spring and summer of 2003, followed by 2015, 2022, and now 2026)—have on the aquatic ecosystems of Kopački Rit. The Danube's water level is crucial for the Kopački rit floodplain, which features a mosaic of various aquatic and wetland habitats, as its water supply relies primarily on surface inflow from the Danube via a natural network of channels. During periods of low water levels, intermittent water bodies dry up and transform into terrestrial habitats, while the surface area and depth of permanent shallow lakes are significantly reduced, turning them into isolated bodies of water. High nutrient loads, shallow depths, and elevated water temperatures create ideal conditions for phytoplankton blooms, particularly those involving cyanobacteria. This situation occurred during the extreme drought of 2003, when phytoplankton levels exceeded 200 mg/L and the algal bloom consisted of several cyanobacterial species, dominated by the non-native, potentially toxic species *Raphidiopsis raciborskii*. However, the last two decades have seen cyclical patterns of extreme drought and extreme flooding, resulting in cyclical changes to the ecological status of Lake Sakadaš. Consequently, the lake alternates between a phytoplankton-rich state and a so-called "clear-water" state, where macrophyte vegetation becomes the dominant primary producer. It is particularly interesting that, during periods of extreme drought, mass blooms of toxic cyanobacteria no longer occur—despite ideal conditions that could otherwise lead to catastrophic ecosystem consequences, such as fish kills and the loss of other animal life. Overall, according to the IAD statement (September , 2006), the extremely low Danube water levels recorded in 2026 serve as a warning regarding water availability in the Danube basin. Thereafter, "to protect and preserve the Danube's floodplains, the goal is not merely to channel more water into the riverbed, but to create a basin capable of retaining water during times of abundance while sustaining rivers and ecosystems during periods of scarcity".

Key words: Danube, floodplain, extreme hydrological events, water ecosystems

Što nam orlovi štekavci govore o Kopačkom ritu nakon 147 godina istraživanja?

TIBOR MIKUSKA

Hrvatsko društvo za zaštitu ptica i prirode, Gundulićeva 19a, Osijek

Dopisni autor: tibor.kopacki.rit@gmail.com

Sažetak

Prvi pisani podaci o orlovima štekavcima na području Kopačkog rita i Podunavlja potječu iz 1879. godine, a prva sustavna istraživanja su započela 1943. godine u sklopu rada Biološke stanice Albertina. U proteklih 147 godina gnijezdeća populacija na području Parka prirode Kopački rit se povećala sa 20 na 86 parova te predstavlja najgušću gnjezdeću populaciju ove vrste na svijetu. Osim prirodnih uvjeta u staništu, na gniježđenje orlova i veličinu populacije su značajan utjecaj imale ljudske djelatnosti (ribarstvo, šumarstvo, lovstvo, vodno gospodarstvo, poljoprivreda, turizam, zaštita prirode) i njihove promjene tijekom stoljeća. Iako je gnijezdeća populacija trenutno na vrhuncu, nove prijetnje, poput nedostatka poplava i klimatskih promjena donose nova iskušenja u opstanku ove vrste.

Ključne riječi: *Haliaeetus albicilla*, Podunavlje, poplavno područje, utjecaj čovjeka

What White-tailed Eagles tell us about Kopački rit after 147 years of research?

TIBOR MIKUSKA

Croatian Society for Birds and Nature Protection, Gundulićeva 19a, Osijek, Croatia

Corresponding author: tibor.kopacki.rit@gmail.com

Abstract

The first written records of White-tailed eagles in the Kopački rit and Podunavlje region date back to 1879, while the first systematic studies began in 1943 as part of the work of the Albertina Biological Station. Over the past 147 years, the breeding population within Kopački rit Nature park has grown from 20 to 86 pairs, representing the densest breeding population of this species in the world. In addition to natural habitat conditions, human activities—such as fisheries, forestry, hunting, water management, agriculture, tourism, and nature conservation—along with the changes in these activities over the centuries, have significantly influenced the eagles' nesting and population size. Although the breeding population is currently at its peak, new threats—such as the lack of flooding and climate change—pose fresh challenges to the species' survival.

Key words: *Haliaeetus albicilla*, Podunavlje, aluvial floodplain, human impact

Živi svijet u kapljici vode – razvoj prirodoznanstvenih kompetencija učenika i D domene predmetnog kurikuluma Biologije istraživačkim učenjem

MILICA NEDELJKOVIĆ*

Osnovna škola Dragutina Tadijanovića, 204. vukovarske brigade 24a, Vukovar (*studentica doktorskog studija Obrazovne znanosti i perspektive obrazovanja, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet za odgojne i obrazovne znanosti)

Dopisni autor: milica.nedeljkovic@skole.hr

Sažetak

Razvoj prirodoznanstvenih kompetencija učenika važan je dio suvremene nastave biologije, a posebno dolazi do izražaja u aktivnostima kojima se učenici neposredno uključuju u istraživanje živoga svijeta. Cilj rada bio je potaknuti razvoj prirodoznanstvenih kompetencija učenika 7. razreda kroz istraživačko učenje te razvijati ishode D domene predmetnog kurikuluma Biologije, koji se ostvaruju primjenom prirodoznanstvenih postupaka u istraživanju bioloških pojava. Istraživanje je provedeno na dodatnoj nastavi biologije s učenicima 7. razreda Osnovne škole Dragutina Tadijanovića u Vukovaru u okviru radionice „Živi svijet u kapljici vode". Učenici su istraživali živi svijet različitih vodenih staništa mikroskopiranjem uzoraka vode prikupljenih na različitim lokacijama, od rijeke Dunava do područja Kopačkog rita. Primjenom školskih svjetlosnih mikroskopa promatrali su uzorke vode i tražili jednostanične biljne i životinjske organizme, odnosno predstavnike fitoplanktona i zooplanktona. Poseban naglasak bio je na samostalnom izvođenju praktičnih aktivnosti. Učenici su izrađivali mikroskopske preparate, pravilno rukovali mikroskopom, ponovili njegove osnovne dijelove te izračunavali ukupno povećanje. Tijekom rada usvajali su i primjenjivali stručnu terminologiju razlikujući pojmove predmetnica, pokrovnica i uzorak. Istraživački pristup omogućio je učenicima razvoj vještina karakterističnih za D domenu predmetnog kurikuluma Biologije kroz neposredno promatranje i istraživanje bioloških objekata, primjenu odgovarajućih postupaka i pribora, prikupljanje i promatranje uzoraka te povezivanje opaženoga s prethodno stečenim znanjem. Učenici su aktivnim sudjelovanjem razvijali sposobnost samostalnog izvođenja praktičnog rada, preciznog opažanja, razlikovanja i opisivanja organizama te donošenja zaključaka na temelju rezultata promatranja. Autentični uzorci vode iz različitih lokalnih vodenih staništa dodatno su omogućili povezivanje nastavnih sadržaja s bioraznolikošću neposrednog okoliša. Zaključno, istraživački oblikovana radionica „Živi svijet u kapljici vode" pokazala se prikladnim načinom za povezivanje bioloških sadržaja s praktičnim istraživačkim radom te za istodobni razvoj prirodoznanstvenih kompetencija i ishoda D domene predmetnog kurikuluma Biologije. Aktivnost je učenicima omogućila iskustveno učenje, razvijanje istraživačkih vještina i osvješćivanje biološke raznolikosti slatkovodnih ekosustava.

Ključne riječi: bioraznolikost, D domena predmetnog kurikuluma, istraživačko učenje, mikroskopiranje, prirodoznanstvene kompetencije

The living world in a drop of water – developing students' scientific competencies and domain D outcomes of the Biology subject curriculum through inquiry-based learning

MILICA NEDELJKOVIĆ*

Elementary School Dragutina Tadijanovića, 204. vukovarske brigade 24a, Vukovar, Croatia (*PhD student of the Doctoral Programme in Educational Sciences and Perspectives in Education, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Education)

Corresponding author: milica.nedeljkovic@skole.hr

Abstract

The development of students' scientific competencies is an important part of contemporary biology education and is particularly evident in activities that directly engage students in the investigation of the living world. The aim of this paper was to encourage the development of scientific competencies among seventh-grade students through inquiry-based learning and to develop the outcomes of Domain D of the Biology Subject Curriculum, which are achieved through the application of scientific procedures in the investigation of biological phenomena. The research was conducted during supplementary biology classes with seventh-grade students at Dragutin Tadijanović Primary School in Vukovar as part of the workshop "The Living World in a Drop of Water". The students investigated the living world of different aquatic habitats by microscopically examining water samples collected at various locations, ranging from the Danube River to the Kopački rit area. Using school light microscopes, they examined water samples and searched for unicellular plant and animal organisms, namely representatives of phytoplankton and zooplankton. Particular emphasis was placed on students' independent performance of practical activities. The students prepared microscope slides, handled the microscope correctly, reviewed its basic parts, and calculated the total magnification. During the activities, they also acquired and applied professional terminology, distinguishing between the terms slide, coverslip, and sample. The inquiry-based approach enabled students to develop skills characteristic of Domain D of the Biology Subject Curriculum through direct observation and investigation of biological objects, the application of appropriate procedures and equipment, the collection and examination of samples, and the linking of observations with previously acquired knowledge. Through active participation, students developed the ability to independently carry out practical work, make precise observations, distinguish between and describe organisms, and draw conclusions based on the results of their observations. Authentic water samples from different local aquatic habitats additionally enabled students to connect the learning content with the biodiversity of their immediate environment. In conclusion, the inquiry-based workshop "The Living World in a Drop of Water" proved to be an appropriate way of connecting biological content with practical research activities while simultaneously developing scientific competencies and the outcomes of Domain D of the Biology Subject Curriculum. The activity provided students with experiential learning, opportunities to develop research skills, and greater awareness of the biological diversity of freshwater ecosystems.

Key words: biodiversity, Domain D of the Subject Curriculum, inquiry-based learning, microscopy, scientific competencies

BioBlitz i Zelena knjižnica FOOZOS-a – zeljaste i drvenaste biljke Sveučilišnog kampusa u Osijeku

LJUBICA NEDIĆ*, IRENA KIŠMARTIN, IRELLA BOGUT

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet za odgojne i obrazovne znanosti, Ulica cara Hadrijana 10, Osijek (*studentica doktorskog studija Obrazovne znanosti i perspektive obrazovanja)

Dopisni autor: ljnedic@foozos.hr

Sažetak

Zelena knjižnica Fakulteta za odgojne i obrazovne znanosti Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku uključila se u nacionalni program pod nazivom Bioblitz i knjižnice. Bioblitz je događaj koji okuplja širu javnost, ali i znanstvenike radi brzog i intenzivnog bilježenja biljnih i/ili životinjskih vrsta ili organizama unutar određenog područja u određenom vremenskom roku. Ciljevi programa su izrada studije, uključivanje i osnaživanje u korištenju platforme građanske znanosti iNaturalist, aplikacije u kojoj sudjeluje online zajednica za prepoznavanje i dokumentiranje biljnih i životinjskih vrsta te organizama. U aktivnost su bili uključeni studenti Sveučilišnog integriranog prijediplomskog Učiteljskog studija s kolegija Terenska nastava iz Prirodoslovlja, studentice 2. godine Informatologije i Engleskoga jezika i književnosti koje su na stručnoj praksi i predstavnici Udruge studenata odgojnih i obrazovnih znanosti Futuri Magistri. Naslov aktivnosti bio je Zeljaste i drvenaste biljke kampusa. Tijekom razdoblja od 22. ožujka do 22. svibnja 2026. godine učitane su vrste koje se nalaze u osječkom sveučilišnom kampusu. Zabilježeno je 96 opažanja s 80 vrsta među kojima su: ljubica (rod *Viola*), bršljan (rod *Hedera*), osjak (rod *Cirsium*), presličica (rod *Muscari*), maslačak (*Taraxacum officinale*), jasen (rod *Fraxinus*), rosopas (*Chelidonium maius*), tratinčica (*Bellis perennis*), zijevalica (rod *Antirrhinum*), platana (rod *Platanus*) i dr. Temeljna značajka aktivnosti je definirana kao fleksibilnost koja jača suradnju između knjižnica i stručnjaka iz prirodnih znanosti. Prikupljeni podatci putem aplikacije iNaturalist doprinose znanstvenim istraživanjima i očuvanju prirode. Podatci prikupljeni putem ove aplikacije postaju znanstveno korisni jer osluškuju potrebe znanstvenika. Studentima, sudjelovanje u ovoj aktivnosti omogućilo je uvid u krovni projekt te se mogu kao budući učitelji uključiti u projekt na individualnoj razini. Knjiga: Fotografiranje kao postupak u nastavi (2017), autora Ledinšćak, Popović, Bogut i Užarević u izdanju Fakulteta za odgojne i obrazovne znanosti korištena je za postupak fotografiranja zadanoga korpusa.

Ključne riječi: BioBlitz, FOOZOS, Zelena knjižnica, studenti, učitelji

BioBlitz and Green Library of the Faculty of Education – herbaceous and woody plants of the University Campus in Osijek

LJUBICA NEDIĆ*, IRENA KIŠMARTIN, IRELLA BOGUT

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Education, Ulica cara Hadrijana 10, Osijek, Croatia (*PhD student of the Doctoral Programme in Educational Sciences and Perspectives in Education)

Corresponding author: ljnedic@foozos.hr

Abstract

The Green Library of the Faculty of Education of the Josip Juraj Strossmayer University of Osijek has joined the national program called Bioblitz and Libraries. Bioblitz is an event that brings together the general public, as well as scientists, for the purpose of quickly and intensively recording plant and/or animal species or organisms within a certain area within a certain period of time. The goals of the program are to create a study, engage and empower the use of the citizen science platform iNaturalist, an application in which a broad online community participates for the identification and documentation of plant and animal species and organisms. The activity involved students of the University integrated undergraduate teacher training program from the course Field teaching in Natural sciences, second year students of Information science and English language and literature who are doing an internship, and the representatives of the Students Association Futuri Magistri of the Faculty of Education. The activity was entitled: Herbaceous and Woody Plants of the University Campus. In the period from March 22 to May 22, 2026, species found on the Osijek University Campus were uploaded. The total of 96 observations were recorded, with 80 species including: violet (genus Viola), English ivy (genus Hedera), thistle (genus Cirsium), grape hyacinth (genus muscari), dandelion (*Taraxacum officinalis*), ash (genus Fraxinus), greater celandine (*Chelidonium maius*), daisy (*Bellis perennis*), common snapdragon (genus Antirrhinum), London plane tree (genus Platanus), etc. The basic feature of the activity is defined as flexibility that strengthens cooperation between libraries and natural science experts. Participation in this activity provided students with insight into the umbrella project and they can, as future teachers, get involved in the project on an individual level. The book: Photography as a Procedure in Teaching by Ledinšćak, Popović, Bogut and Užarević, published in 2017 by the Faculty of Education was used for the procedure of photographing the given corpus.

Key words: BioBlitz, Faculty of Education, Green Library, students, teachers

Skriveni ekološki otisak umjetne inteligencije: Utjecaj tehnologija umjetne inteligencije na vodne i energetske resurse

MARTINA NEMET, DORA DULEMBA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet za odgojne i obrazovne znanosti, Ulica cara Hadrijana 10, Osijek

Dopisni autor: dora.dulemba23@gmail.com

Sažetak

Nagli razvoj, svakodnevna i masovna primjena umjetne inteligencije u posljednjih nekoliko godina donijeli su izniman napredak u brojnim područjima no i često nevidljiv, ekološki otisak. Svakodnevno korištenje i treniranje modela umjetne inteligencije zahtjeva značajnu potrošnju električne energije i vode kako bi se oprema podatkovnih centara hladila. Cilj ovog rada je prikazati dostupne procjene potrošnje vode i energije povezane s tehnologijama umjetne inteligencije te ukazati na njihove izravne posljedice za prirodne ekosustave i vodene resurse. Pregled recentne literature pokazuje da je globalni vodeni otisak sustava umjetne inteligencije već dosegnuo razmjere usporedive s potrošnjom pojedinih gradova, dok se ugljični otisak uspoređuje s emisijama velikih urbanih sredina. Rezultati također pokazuju da treniranje jednog velikog jezičnog modela zahtijeva količine vode koje se mjere u milijunima litara, a očekuje se da će globalna potrošnja električne energije podatkovnih centara u narednim godinama gotovo udvostručiti trenutnu razinu. Potrošnja vode pritom se odvija izravno, za hlađenje postrojenja, neizravno, kroz proizvodnju električne energije, te dodatno kroz vodu vezanu uz proizvodnju poluvodičke opreme. Dodatan nalaz odnosi se na nedostatak transparentnosti operatora podatkovnih centara o stvarnoj potrošnji vode i energije, što značajno otežava praćenje i smanjenje ekološkog otiska ovih tehnologija. Kao odgovor na to, znanstvena zajednica predlaže okvir upravljanja od šest načela – transparentnost, učinkovitost dizajna, jednakost i ekološku pravdu, odgovornost za životni ciklus, globalnu suradnju te održivu uporabu – sa specifičnim odgovornostima dodijeljenim dionicima unutar ekosustava umjetne inteligencije. Ovi nalazi upućuju na potrebu uključivanja ekološke dimenzije umjetne inteligencije u širu raspravu o zaštiti prirodnih resursa te na važnost razvoja transparentnih i odgovornih praksi unutar tehnološkog sektora.

Ključne riječi: električna energija, podatkovni centri, potrošnja vode, umjetna inteligencija

Hidden ecological footprint of artificial intelligence: The impact of artificial intelligence technologies on water and energy resources

MARTINA NEMET, DORA DULEMBA

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Education, Ulica cara Hadrijana 10, Osijek, Croatia

Corresponding author: dora.dulemba23@gmail.com

Abstract

The rapid development, everyday and widespread application of artificial intelligence in recent years have brought remarkable progress across numerous fields, but also an often invisible ecological footprint. The daily use and training of artificial intelligence models require significant consumption of electricity and water for cooling data center equipment. The aim of this paper is to present available estimates of water and energy consumption associated with artificial intelligence technologies and to point out their direct consequences for natural ecosystems and water resources. A review of recent literature shows that the global water footprint of artificial intelligence systems has already reached proportions comparable to the consumption of individual cities, while its carbon footprint is compared to the emissions of large urban areas. The results also show that training a single large language model requires water quantities measured in millions of liters, and the global electricity consumption of data centers is expected to nearly double in the coming years. Water consumption occurs directly, through facility cooling, indirectly, through electricity production, and additionally through water associated with semiconductor equipment manufacturing. A further finding relates to the lack of transparency among data center operators regarding actual water and energy consumption, which significantly hinders the monitoring and reduction of the ecological footprint of these technologies. In response, the scientific community proposes a governance framework based on six principles – transparency, design efficiency, equity and environmental justice, life-cycle accountability, global collaboration, and sustainable use – with specific responsibilities assigned to stakeholders within the artificial intelligence ecosystem. These findings point to the need to incorporate the ecological dimension of artificial intelligence into the broader discussion on natural resource protection, as well as to the importance of developing transparent and responsible practices within the technology sector.

Key words: electricity, data centers, water consumption, artificial intelligence

Od zvuka do ekološkog uvida: Praktični uvod u bioakustiku

EMMANUEL KARLO NYARKO

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, Kneza Trpimira 2B, Osijek

Dopisni autor: karlo.nyarko@ferit.hr

Sažetak

Pasivno akustičko praćenje postalo je jedan od najmoćnijih, neinvazivnih alata dostupnih za proučavanje divljih životinja, omogućujući da jedan snimač bilježi prisutnost, ponašanje i fenologiju desetak vrsta tijekom nekoliko tjedana ili mjeseci. Ova 45-minutna praktična radionica uvodi u osnovni računalni postupak koji sirovu zvučnu datoteku pretvara u ekološko opažanje, izgrađen od prvih principa i demonstriran na uzorcima terenskih snimaka. Počevši od fizike zvuka i mehanike digitalnog zvuka (frekvencija uzorkovanja, kvantizacija, Nyquistova granica), postupno gradimo prema Fourierovoj transformaciji i spektrogramu - dvodimenzionalnom prikazu vremena i frekvencije na kojem se temelji gotovo svaka moderna bioakustička analiza. Odatle izvodimo mali skup akustičkih značajki po okviru (kratkotrajna energija, pojasno ograničena energija, spektralno težište, spektralna entropija) i upotrebljavamo ih za implementaciju robusnog detektora događaja temeljenog na medijana i apsolutnog odstupanja od medijana (MAD). Na posljetku, ovaj sustav primjenjujemo na uzorke snimaka te koristimo oblik spektrograma, frekvencijski pojas i harmonijsku strukturu kako bismo razlikovali riku jelena od ptičjega pjeva.

Ključne riječi: Kopački rit, bioakustički monitoring

Zahvala: Istraživanje je provedeno je u sklopu projekta *Wetland and Wildlife Monitoring Using Technology and Acoustics* (WatchOut) (2022.-2026.) uz potporu tvrtke Huawei technologies d.o.o. u okviru programa TECH4ALL Nature Guardian.

From sound to ecological insight: A hands-on introduction to bioacoustics

EMMANUEL KARLO NYARKO

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek, Kneza Trpimira 2B, Osijek, Croatia

Corresponding author: karlo.nyarko@ferit.hr

Abstract

Passive acoustic monitoring has become one of the most powerful, non-invasive tools available for studying wildlife, letting a single recorder document the presence, behaviour, and phenology of dozens of species over weeks or months. This 45-minute hands-on workshop introduces the core computational chain that turns a raw sound file into an ecological observation, built from first principles and demonstrated on sample field recordings. Beginning with the physics of sound and the mechanics of digital audio (sampling rate, quantization, the Nyquist limit), we build progressively toward the short-time Fourier transform and the spectrogram - the two-dimensional time-frequency representation on which almost all modern bioacoustic analysis rests. From there we derive a small set of per-frame acoustic features (short-time energy, band-limited energy, spectral centroid, spectral entropy) and use them to implement a robust event detector based on median-plus-MAD thresholding. Finally, we apply this pipeline to sample recordings and use spectrogram shape, frequency band, and harmonic structure to distinguish deer (rutting) roars from bird songs.

Key words: Kopački rit, bioacoustic monitoring

Acknowledgement: This research was conducted as part of the project *Wetland and Wildlife Monitoring Using Technology and Acoustics* (WatchOut) (2022–2026), supported by Huawei Technologies d.o.o. within the TECH4ALL Nature Guardian programme.

Postignuća standardnog monitoringa bioraznolikosti u Parku prirode „Kopački rit“ tijekom provedbe projekta „Watch Out“

SINIŠA OZIMEC[1], IVANA MAJIĆ[1], TIHOMIR FLORIJANČIĆ[1], ANKICA SARAJLIĆ[1], IVAN PLAŠČAK[1], DORIJAN RADOČAJ[1], DRAGAN PRLIĆ[2], MARIN ŠKORO[3], MARIJA VEREŠ[3], VLATKO ROŽAC[3]

[1] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Ulica Vladimira Preloga 1, Osijek
[2] TRAGOPOGON, Obrt za savjetovanje i edukaciju, Donji Meljani 92c, Donji Meljani, Slatina
[3] Javna ustanova „Park prirode Kopački rit“, Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Bilje

Dopisni autor: sinisa.ozimec@fazos.hr

Sažetak

Standardni monitoring bioraznolikosti u Parku prirode „Kopački rit“ dio je aktivnosti projekta „Wetland and Wildlife Monitoring Using Technology and Acoustics“ („WatchOut“), koji provodi Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek uz potporu tvrtke Huawei Technologies, u okviru projekta „Nature Guardian“ iz Programa „Tech4All Global Initiative“. Standardni monitoring staništa, divlje faune i flore provodili su istraživači Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, uz sudjelovanje zaposlenika Javne ustanove „Park prirode Kopački rit“, u razdoblju: travanj 2023. – rujan 2026. godine. Obuhvaća primjenu standardnih protokola za monitoring pojedinih taksonomskih skupina, terenska opažanja, korištenje foto-zamki, bilježenje i analizu prikupljenih podataka. Raznolikost staništa čini 89 stanišnih tipova, od kojih je 49 (55 %) ugroženo na nacionalnoj i europskoj razini. Zastupljeni su ciljni stanišni tipovi i ciljne vrste faune za područje ekološke mreže Natura 2000 POP HR1000016 Podunavlje i donje Podravlje i PPOVS HR2000394 Kopački rit. Vaskularna flora (papratnjače, kritosjemenjače) obuhvaća 578 svojti ili 12 % flore Hrvatske. Istraživači su prikupljali podatke o raznolikosti divlje faune iz taksonomskih skupina beskralješnjaka (puževi, školjkaši, pijavice, paučnjaci, kukci) i kralješnjaka (vodozemci, gmazovi, ptice i sisavci). Analizom opažanja prikupljenim fotozamkama u obliku fotografija i video-zapisa, zabilježeno je ukupno 20 životinjskih vrsta; 12 pripadaju fauni sisavaca i 8 fauni ptica. Prema brojnosti zabilježenih jedinki, utvrđena je dominacija svinje divlje, jelena običnog, vjeverice, kune zlatice, jazavca i čaglja. Rezultati projekta značajno pridonose boljem poznavanju raznolikosti staništa, divlje faune i flore u Parku prirode „Kopački rit“, naročito ugroženih, rijetkih, strogo zaštićenih i ciljnih vrsta Natura 2000 područja.

Ključne riječi: monitoring, flora, fauna, staništa, Kopački rit, zaštita prirode

Zahvala: Istraživanje je provedeno u sklopu projekta *Wetland and Wildlife Monitoring Using Technology and Acoustics* (WatchOut) (2022.-2026.) uz potporu tvrtke Huawei Technologies d.o.o. u okviru programa TECH4ALL Nature Guardian.

Achievements of standard biodiversity monitoring in Kopački rit Nature Park during the implementation of the "Watch Out" project

SINIŠA OZIMEC[1], IVANA MAJIĆ[1], TIHOMIR FLORIJANČIĆ[1], ANKICA SARAJLIĆ[1], IVAN PLAŠČAK[1], DORIJAN RADOČAJ[1], DRAGAN PRLIĆ[2], MARIN ŠKORO[3], MARIJA VEREŠ[3], VLATKO ROŽAC[3]

[1] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Ulica Vladimira Preloga 1, Osijek, Croatia
[2] TRAGOPOGON, Consulting and Education Trade, Donji Meljani 92c, Donji Meljani, Slatina, Croatia
[3] Public Institution Kopački rit Nature Park, Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Bilje, Croatia

Corresponding author: sinisa.ozimec@fazos.hr

Abstract

Standard biodiversity monitoring in Kopački rit Nature Park is part of the activities within the project: „Wetland and Wildlife Monitoring Using Technology and Acoustics"(„WatchOut"), granted by the company Huawei Technologies Ltd, under the „Nature Guardian" project of Tech4All Global Initiative" Programme, and implementing by Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek. Standard monitoring of habitats, wild fauna and flora is conducted by researchers from the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, with assistance of employees of the Public Institution Kopački rit Nature Park, in the period from April 2023 to September 2026. It comprises application of standard protocols for monitoring in wildlife biology for particular taxonomic groups, field observations, use of camera traps), recording and analyses of collected data. Habitat diversity consists of 89 habitat types, of which 49 (55%) are endangered at the national and European level. Target habitat types and target wild fauna species for the Natura 2000 ecological network sites SPA HR1000016 and SAC HR2000394 Kopački rit, had been recorded. Vascular flora (ferns, angiosperms) includes 578 taxa or 12% of the flora of Croatia. The researchers collected data on the wild fauna diversity from the taxonomic groups of invertebrates (snails, bivalves, leeches, arachnids, insects) and vertebrates (amphibians, reptiles, birds and mammals). Camera traps are a suitable tool for recording the presence and distribution of individuals of certain animal species, estimating the population size, monitoring behaviour and daily and seasonal activities. By analysing the camera traps records in the form of photographs and video clips, a total of 20 animal species were recorded, 12 belong to mammal fauna, and 8 to avian fauna. According to the number of recorded individuals, the dominance of wild boar, red deer, red squirrel, pine marten, European badger and golden jackal was established. Project results make an important contribution to better knowledge on diversity of habitats, wild fauna, flora in Kopački rit Nature Park, especially of threatened, rare, strictly protected species and Natura 2000 target species.

Key words: monitoring, flora, fauna, habitats, Kopački rit, nature conservation

Acknowledgement: This research was conducted as part of the project *Wetland and Wildlife Monitoring Using Technology and Acoustics* (WatchOut) (2022–2026), supported by Huawei Technologies Ltd. within the TECH4ALL Nature Guardian programme.

Pregled aktivnosti biotičkog monitoringa u pilot području uz rijeku Dravu kod naselja Novi Gradac u okviru projekta „DANSER“

SINIŠA OZIMEC[1], DRAGAN PRLIĆ[2], IVAN DAMJANOVIĆ[3,4], IVANA MAJIĆ[1], TIHOMIR FLORIJANČIĆ[1], DINKO JELKIĆ[1], ANĐELKO OPAČAK[1], DAVOR KOJIĆ[1], ANKICA SARAJLIĆ[1], HELENA EREŠ[1]

[1] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Ulica Vladimira Preloga 1, Osijek
[2] TRAGOPOGON, Obrt za savjetovanje i edukaciju, Donji Meljani 92c, Donji Meljani, Slatina
[3] Nastavni zavod za javno zdravstvo Osječko-baranjske županije, Drinska 8, Osijek
[4] MEDIATRIX VITAE, Obrt za savjetovanje i edukaciju, Antuna Kanižlića 44, Osijek

Dopisni autor: sinisa.ozimec@fazos.hr

Sažetak

Projekt: „Obnova dunavskog sedimenta: prema uspostavi i proširenju održivog upravljanja sedimentima u slivu Dunava“ (DANSER) okuplja 35 partnera iz 7 država (Austrije, Bugarske, Hrvatske, Irske, Portugala, Rumunjske i Ukrajine). Usmjeren je na sliv rijeke Dunav, danas suočenog s izazovima klimatskih promjena i antropogenim pritiscima, što zahtijeva žurne mjere za vraćanje ravnoteže sedimenta i poboljšanje stanja bioraznolikosti u Dunavskom bazenu. Terenski obilasci i biotički monitoring provedeni su od ožujka 2025. do kolovoza 2026., u pilot području uz nekadašnji rukavac i tok rijeke Drave (rkm 143-146) kod naselja Novi Gradac (Virovitičko-podravska županija), kao dio demonstracijskog područja Srednjeg Dunava u Hrvatskoj. Nalazi se u Regionalnom parku „Mura-Drava“, te u dva područja ekološke mreže Natura 2000: POPHR1000015 Srednji tok Drave i PPOVS HR500001 Srednji tok Drave. Zabilježeno je 13 stanišnih tipova, od kojih su 4 ciljna stanišna tipa Natura 2000 i stanišni tip poplavnih šuma 91E0* s tri asocijacije: poplavna šuma bijele vrbe (*Salicetum albae*), poplavna šuma vrba i topola (*Salici-Populetum nigrae*) i poplavna šuma crne i bijele topole (*Populetum nigro-albae*). Važno postignuće je izrađena karta staništa. Raznolikost flore obuhvaća 160 vrsta iz taksonomskih skupina mahovina, papratnjača i kritosjemanjača, a posebno su vrijedni nalazi ugroženih vrsta: *Limosella aquatica* i *Lindernia procumbens*, na novim lokalitetima u Hrvatskoj. Za faunu slatkovodnih riba zabilježeno je 37 vrsta iz 14 porodica, najbrojnija je porodica Leuciscide (15 vrsta). Ciljnim vrstama Natura 2000 pripada 9 vrsta, a zabilježene su 4 invazivne strane vrste riba. Za faunu ptica zabilježene su 74 vrste (19 % od ukupnog broja za Hrvatsku), od kojih 13 vrsta (18 %) pripada ciljnim vrstama Natura 2000. Za faunu sisavaca zabilježeno je 12 vrsta, koje pripadaju u 4 reda (zvijeri, dvojezupci, glodavci i papkari) i 8 porodica. Ciljnim vrstama Natura 2000 pripadaju dvije vrste; dabar (*Castor fiber*) i eurazijska vidra (*Lutra lutra*).

Ključne riječi: bioraznolikost, sediment, monitoring, rijeka Drava

Zahvala: Istraživanje je provedeno u okviru aktivnosti projekta: „Obnova dunavskog sedimenta: prema uspostavi i proširenju održivog upravljanja sedimentima u slivu Dunava“ – DANSER, financiranog iz Okvirnog programa Europske unije za istraživanje i inovacije „Obzor Europa“ i Misije „Obnovimo naš ocean i vode do 2030“ (HORIZON-MISS-2023-OCEAN-01-02, broj 101157942).

Overview of the biotic monitoring activities in the pilot area along the Drava River near the village of Novi Gradac within the "DANSER" project

SINIŠA OZIMEC[1], DRAGAN PRLIĆ[2], IVAN DAMJANOVIĆ[3,4], IVANA MAJIĆ[1], TIHOMIR FLORIJANČIĆ[1], DINKO JELKIĆ[1], ANĐELKO OPAČAK[1], DAVOR KOJIĆ[1], ANKICA SARAJLIĆ[1], HELENA EREŠ[1]

[1] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Ulica Vladimira Preloga 1, Osijek, Croatia
[2] TRAGOPOGON, Consulting and Education Trade, Donji Meljani 92c, Donji Meljani, Slatina, Croatia
[3] Teaching Institute of Public Health for the Osijek-Baranja County, Drinska 8, Osijek, Croatia
[4] MEDIATRIX VITAE, Consulting and Education Trade, Antuna Kanižlića 44, Osijek, Croatia

Corresponding author: sinisa.ozimec@fazos.hr

Abstract

Project: „DANube SEdiment Restoration: towards the deployment and upscaling of sustainable management of the sediments across the Danube catchment basin" (DANSER) brings together 35 partners from 7 countries: Austria, Bulgaria, Croatia, Ireland, Portugal, Romania and Ukraine. The project is focused on the Danube River catchment, currently facing climate change impact and anthropogenic pressures, which require urgent measures to restore sediment balance, and improving the biodiversity in the Danube Basin. Field surveys and biotic monitoring were carried out from March 2025 to August 2026 in a pilot area along a former side-arm and the main channel of the Drava River (river km 143–146) near the village of Novi Gradac (Virovitica-Podravina County). The site is located within the "Mura-Drava" Regional Park, and two Natura 2000 ecological network sites: SPA HR1000015 Srednji tok Drave and SAC HR500001 Srednji tok Drave. For habitat structure, 13 habitat types were recorded, of which 4 Natura 2000 target habitat types, and the floodplain forests 91E0* comprising three associations: *Salicetum albae*, *Salici-Populetum nigrae*, and *Populetum nigro-albae*. As a major achievement, the habitat map was created. Flora diversity comprises 160 species from taxonomic groups of mosses, ferns, and angiosperms. Noteworthy are the findings of the endangered species *Limosella aquatica* and *Lindernia procumbens* at new locations in Croatia. Regarding the freshwater fish fauna, 37 species from 14 families have been recorded, with Leuciscidae as the most numerous family with 15 species. Nine species are classified as Natura 2000 target species, and four invasive alien fish species have been recorded. As for the bird fauna, 74 species have been recorded (19% of the total for Croatia), 13 of which (18%) are Natura 2000 target species. For the mammal fauna, 12 species have been recorded, belonging to 4 orders (Carnivora, Lagomorpha, Rodentia, and Artiodactyla) and 8 families. Two species are Natura 2000 target species: the beaver (*Castor fiber*) and the Eurasian otter (*Lutra lutra*).

Key words: biodiversity, sediment, monitoring, Drava River

Acknowledgment: Research was done as a part of activities of the project: „DANube SEdiment Restoration: towards the deployment and upscaling of sustainable management of the sediments across the Danube catchment basin" – DANSER, granted from the European Union Research and Innovation Programme „Horizon Europe" and Mission „Restore our Ocean and Waters by 2030" (HORIZON-MISS-2023-OCEAN-01-02, No. 101157942).

Primjena novih tehnologija za inventarizaciju i praćenje stanja šumskih ekosustava

MARKO OŽURA, NINA POPOVIĆ, ZRINKA MESIĆ

Veleučilište u Karlovcu, Trg Josipa Jurja Strossmayera 9, Karlovac

Dopisni autor: marko.ozura@vuka.hr

Sažetak

Projektom „Primjena novih tehnologija za inventarizaciju i praćenje stanja šumskih ekosustava" procijenit će se preciznost i pouzdanost novih tehnologija i rješenja za inventarizaciju šuma kao alternativa tradicionalnim metodama prikupljanja podataka na terenu. Projekt je financiran iz Programa NextGenerationEU te traje 24 mjeseca. Provedbom projekta na NATURA 2000 šumskim staništima usporedit će se rezultati izmjere klasičnom metodom, korištenjem jeftinih optičkih kamera i LIDAR sustava, te mjerenje profesionalnim optičkim i LIDAR sustavima snimanjem iz zraka. Istraživanje će uključiti i snimanje pomoću multispektralne kamere sa svrhom određivanja stanja šumskih ekosustava. Tijekom provedbe projekta planirano je ukupno 30 terenskih izlazaka na najmanje 10 različitih lokaliteta na kojima će se testirati metodologija. Dio lokaliteta s listopadnim drvećem bit će u Pokupskom bazenu, dok će specifična šumska staništa s miješanim i crnogoričnim šumama biti istraživanja na području NP Risnjak. U prvoj godini provedbe projekta proveden je intenzivan terenski rad: snimanje multispektralnom kamerom, snimanje s dronom DJI mini 4 pro te je na dijelu ploha napravljena izmjera šuma standardnim šumarskim metodama izmjere. Svi prikupljeni podaci bit će organizirani u prostornu bazu podataka te će biti dostupni kroz GIS. Istraživačke aktivnosti u okviru provedbe projekta i primjena novih tehnologija omogućit će povećanje učinkovitosti inventarizacija u zaštiti prirode i unapređenje postojećeg modela procjene i praćenja stanja šumskih ekosustava, primjerice povećanje površine ploha za izmjeru, povećanje broja ploha, izmjeru nedostupnih terena kao i preciznu izmjeru glavnih elemenata u određivanju stanja očuvanja šuma.

Ključne riječi: inventarizacija, šumska staništa, multispektrane kamere, LIDAR

Application of new technologies for inventorying and monitoring the state of forest ecosystems

MARKO OŽURA, NINA POPOVIĆ, ZRINKA MESIĆ

Karlovac University of Applied Sciences, Trg Josipa Jurja Strossmayera 9, Karlovac, Croatia

Corresponding author: marko.ozura@vuka.hr

Abstract

The project "Application of new technologies for inventorying and monitoring the state of forest ecosystems" will assess the accuracy and reliability of new technologies and solutions for forest inventorying as an alternative to traditional methods of collecting data in the field. The project is funded by the NextGenerationEU programme and lasts for 24 months. By implementing the project on NATURA 2000 forest habitats, the results of measurements using the classical method, using inexpensive optical cameras and LIDAR systems, and measurements using professional optical and LIDAR systems using aerial photography will be compared. The research will also include use of a multispectral camera for the purpose of determining the state of forest ecosystems. The project plan includes a total of 30 field visits to at least 10 different sites where the methodology will be tested. Some sites featuring deciduous trees will be located in the Pokupsko Basin, while specific forest habitats comprising mixed and coniferous forests will be studied within Risnjak National Park. Intensive fieldwork was carried out during the first year of the project, including multispectral camera imaging, drone surveys using the DJI Mini 4 Pro, and forest measurements on selected plots using standard forestry methods. All collected data will be organized into a spatial database and made accessible via GIS. Research activities and the application of new technologies within the project will enhance the efficiency of nature conservation inventories and improve existing models for assessing and monitoring the condition of forest ecosystems—for instance, by increasing the size and number of survey plots, enabling measurements in inaccessible terrain, and allowing for precise measurement of key elements used to determine forest conservation status.

Key words: inventory, forest habitats, multispectral cameras, LIDAR

Vretenci (Odonata) kao bioindikatori radionuklidnog opterećenja vodenih staništa Rezervata biosfere Mura–Drava–Dunav

IVAN PAVIČIĆ[1], ANDREA LOVRIĆ[3,2], TOMISLAV BOGDANOVIĆ[3], ANA MARIJA MARJANOVIĆ ČERMAK[1], KRUNOSLAV ILIĆ[1], BRANKO PETRINEC[1,3]

[1] Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Ksaverska cesta 2, Zagreb
[2] Klinički bolnički centar Osijek, Josipa Huttlera 4, Osijek
[3] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet za dentalnu medicinu i zdravstvo, Crkvena 21, Osijek

Dopisni autor: ipavicic@imi.hr

Sažetak

Nazočnost i distribucija radionuklida važni su pokazatelji stanja i zdravlja vodenih ekosustava. Međutim, detekcija radionuklida u okolišu može biti otežana, osobito kada su prisutni u vrlo niskim koncentracijama. Stoga je, u svrhu razvoja metodologije za praćenje radionuklida u okolišu, ispitana mogućnost korištenja životinjskih vrsta koje imaju sposobnost njihove akumulacije kao potencijalnih bioindikatora. Vretenca (Odonata) uzorkovana su na osam različitih lokacija unutar Rezervata biosfere Mura–Drava–Dunav, u neposrednoj blizini njihovih vodenih staništa. Metodom gama-spektrometrije, korištenjem detektorskog sustava ORTEC HPGe, određene su aktivnosti radionuklida ^{238}U, ^{228}Th i ^{40}K u uzorcima riječne vode i vretenaca. U riječnoj vodi izmjerene koncentracije aktivnosti kretale su se u rasponu od 80 do 100 Bq/m³ za ^{238}U, od 9 do 18 Bq/m³ za ^{228}Th te od 210 do 370 Bq/m³ za ^{40}K. U uzorcima vretenaca koncentracije aktivnosti iznosile su od 1,3 do 28 Bq/kg za ^{238}U, od 2,6 do 6 Bq/kg za ^{228}Th te od 110 do 250 Bq/kg za ^{40}K. Rezultati istraživanja ukazuju na to da vretenca mogu akumulirati radionuklide iz okoliša te predstavljaju važnu komponentu u njihovom prijenosu i cirkulaciji unutar vodenih ekosustava. Njihova sposobnost akumulacije radionuklida upućuje na potencijalnu primjenu vretenaca kao bioindikatorskih organizama za praćenje prisutnosti radionuklida i procjenu stanja vodenih staništa unutar Rezervata biosfere Mura–Drava–Dunav.

Ključne riječi: vretenca, gama spektrometrija, ^{238}U, ^{228}Th, ^{40}K

Bioaccumulation of radionuclides in dragonflies (Odonata) of the aquatic habitats in the Mura–Drava–Danube Biosphere Reserve

IVAN PAVIČIĆ[1], ANDREA LOVRIĆ[2,3], TOMISLAV BOGDANOVIĆ[3], ANA MARIJA MARJANOVIĆ ČERMAK[1], KRUNOSLAV ILIĆ[1], BRANKO PETRINEC[1,3]

[1] Institute for Medical Research and Occupational Health, Ksaverska cesta 2, Zagreb, Croatia
[2] University Hospital Centre Osijek, Josipa Huttlera 4, Osijek, Croatia
[3] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Dental Medicine and Health, Crkvena 21, Osijek, Croatia

Corresponding author: ipavicic@imi.hr

Abstract

The presence and distribution of radionuclides are important indicators of the environmental health of aquatic ecosystems. However, detecting radionuclides in environmental samples can be challenging, particularly when they occur at low concentrations. To assess the potential of biological indicators for monitoring environmental radioactivity, this study investigated the accumulation of naturally occurring radionuclides in dragonflies (Odonata) associated with aquatic habitats. Dragonflies were sampled at eight locations within the Mura–Drava–Danube Biosphere Reserve, in close proximity to their aquatic habitats. Gamma spectrometry using an ORTEC HPGe detector system was employed to determine the activity concentrations of ^{238}U, ^{228}Th, and ^{40}K in river water and dragonfly samples. In river water, activity concentrations ranged from 80 to 100 Bq/m³ for ^{238}U, 9 to 18 Bq/m³ for ^{228}Th, and 210 to 370 Bq/m³ for ^{40}K. In dragonfly samples, activity concentrations ranged from 1.3 to 28 Bq/kg for ^{238}U, 2.6 to 6 Bq/kg for ^{228}Th, and 110 to 250 Bq/kg for ^{40}K. The results demonstrate that dragonflies can accumulate naturally occurring radionuclides from their surrounding aquatic environments and may therefore play an important role in radionuclide transfer within aquatic ecosystems. Their capacity to accumulate radionuclides suggests that dragonflies have potential as bioindicator organisms for monitoring environmental radioactivity and assessing the radiological condition of aquatic habitats within the Mura–Drava–Danube Biosphere Reserve.

Key words: dragonfly, gamma-ray spectrometry, ^{238}U, ^{228}Th, ^{40}K

Od terena do umjetne inteligencije – istraživanje bioraznolikosti s učenicima

MONIKA PAVIĆ, MAJA JURIĆ-BABAJA, IVANA PAVLIN

Osnovna škola Vladimir Nazor Čepin, Kalnička 17, Čepin

Dopisni autor: monika.pavic@skole.hr

Sažetak

Cilj rada bio je razvijati prirodoznanstvene i digitalne kompetencije učenika, poticati kritičko mišljenje te osvijestiti važnost očuvanja bioraznolikosti primjenom suvremenih digitalnih tehnologija i alata umjetne inteligencije (AI). U istraživanju su sudjelovali učenici 6. razreda koji su kroz terenski rad proučavali bioraznolikost lokalnih područja – Parka prirode Kopački rit i školskog dvorišta. Učenici su tijekom istraživanja promatrali biljne i životinjske vrste u njihovim prirodnim staništima, dokumentirali ih fotografiranjem te prikupljali podatke o obilježjima organizama i uvjetima okoliša. Za početnu identifikaciju vrsta koristili su digitalne alate PlantNet, iNaturalist i Google Lens, pri čemu su dobivene rezultate uspoređivali s vlastitim opažanjima, stručnom literaturom i pouzdanim izvorima dostupnima u školskoj knjižnici. Prikupljene fotografije organizama poslužile su za izradu i treniranje vlastitog modela strojnog učenja u alatu Teachable Machine. Model je treniran na najmanje 20 fotografija za svaku odabranu vrstu, a njegova uspješnost provjeravana je testiranjem na dodatnih 20 fotografija. Posebna pozornost posvećena je analizi pogrešaka modela i razumijevanju čimbenika koji utječu na njihovo nastajanje. Provedba istraživanja pokazala je da su učenici kroz ovaj proces mogli povezati neposredno opažanje prirode, prikupljanje i obradu podataka te primjenu umjetne inteligencije. Analiza rezultata rada modela pokazala je važnost kvalitete i vjerodostojnosti podataka te potrebe za provjerom AI-generiranih rezultata. Važnu ulogu u provedbi projekta imala je školska knjižnica, koja je učenicima pružala podršku u pronalaženju, odabiru i vrednovanju relevantnih izvora informacija te razvoju informacijske pismenosti. Povezivanjem terenskog istraživanja, biologije, informatike i odgovorne uporabe umjetne inteligencije učenici su razvijali vještine rada s podatcima, digitalnog istraživanja i donošenja zaključaka temeljenih na dokazima. Projekt pokazuje kako se suvremene tehnologije mogu povezati s neposrednim istraživanjem prirode, potičući učenike na aktivno sudjelovanje u praćenju i očuvanju bioraznolikosti te promicanju održivog razvoja lokalne zajednice.

Ključne riječi: umjetna inteligencija, bioraznolikost, terensko istraživanje, informacijska pismenost, održivi razvoj

From fieldwork to artificial intelligence – investigating biodiversity with students

MONIKA PAVIĆ, MAJA JURIĆ-BABAJA, IVANA PAVLIN

Elementary School Vladimir Nazor Čepin, Kalnička 17, Čepin, Croatia

Corresponding author: monika.pavic@skole.hr

Abstract

The aim of this work was to develop students' scientific and digital competencies, encourage critical thinking, and raise awareness of the importance of biodiversity conservation through the use of contemporary digital technologies and artificial intelligence (AI) tools. Sixth-grade students investigated biodiversity in the local areas of Kopački rit Nature Park, and the school garden through fieldwork. During the research, students observed plant and animal species in their natural habitats, documented them by taking photographs, and collected data on organism characteristics and environmental conditions. For initial species identification, they used digital tools such as PlantNet, iNaturalist, and Google Lens. The obtained results were compared with their own observations, scientific literature, and reliable sources available in the school library. The collected photographs were used to create and train their own machine-learning model in Teachable Machine. The model was trained using at least 20 photographs for each selected species, and its performance was evaluated by testing it on an additional 20 photographs. Particular attention was given to analysing model errors and understanding the factors contributing to their occurrence. The research process showed that students were able to connect direct observation of nature, data collection and processing, and the application of artificial intelligence. The analysis of model results also highlighted the importance of data quality and representativeness, as well as the need to verify AI-generated results. The school library played an important role in the project by supporting students in finding, selecting, and evaluating relevant information sources and developing information literacy. By connecting field research, biology, computer science, and responsible use of artificial intelligence, students developed skills in working with data, digital research, and drawing evidence-based conclusions. The project demonstrates how contemporary technologies can be connected with direct exploration of nature, encouraging students to actively participate in biodiversity monitoring and conservation and in promoting sustainable development within the local community.

Key words: artificial intelligence, biodiversity, field research, information literacy, sustainable development

Geološka i geofizička istraživanja za procjenu brzine sedimentacije u području Parka prirode „Kopački rit“ u okviru projekta „DANSER“

IDA PAVLIN, JASNA ORLEŠKOVIĆ, SAŠA KOLAR, IVICA PAVIČIĆ, ŽELJKO DUIĆ, BOJAN MATOŠ, BORNA-IVAN BALAŽ, LARA ŠEMBERA

Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Pierottijeva 6, Zagreb

Dopisni autor: ida.pavlin@rgn.unizg.hr

Sažetak

Park prirode „Kopački rit“, smješten između dviju velikih rijeka Drave i Dunava, predstavlja jedan od najvećih i najosjetljivijih fluvijalno-močvarnih sustava u Europi. Sve prisutnije klimatske promjene i ljudska aktivnost dovode do smanjenja površinskih voda te povećane i ubrzane sedimentacije unutar parka čime njegova postojanost postaje upitna. Nadovezujući se na projekt NATURAVITA, a s ciljem sprečavanja daljnjeg zatrpavanja parka te očuvanja njegove ekološke mreže i turističke aktivnosti, posljednje dvije godine u sklopu projekta DANSER provodi se kontinuirani monitoring recentne sedimentacije. Dosadašnja istraživanja obuhvaćala su terenske kampanje multidisciplinarnog karaktera u sklopu kojih su provedena istražna bušenja, hidrogeološka, sedimentološka i geofizička mjerenja. Na strateški odabranim lokacijama (kanali, sprudovi i riječne obale) izbušeno je šest bušotina dubine do 9 m, a prikupljeni uzorci sedimenta poslužit će za radiometrijske analize kojima će se dodatno potvrditi dinamika taloženja. U okviru ovogodišnjih istraživanja izrađena je determinacija litologije bušotinskih jezgri dubine do 9 m na temelju koje su definirani litološki profili. Paralelno su provedena geofizička mjerenja metodom 2D električne tomografije (ERT – Electrical Resistivity Tomography) koja omogućava nedestruktivno istraživanje podzemlja te procjenu debljine i prostornog rasporeda sedimentnih naslaga. Primjena ove metode u ovakvim područjima osigurava prikupljanje ključnih podataka uz minimalan utjecaj na okoliš. Dosadašnjim geofizičkim istraživanjima izmjereno je šest ERT-profila kojima je zahvaćena dubina do 80 m. Njihov rezultat je fizikalno svojstvo podzemlja, odnosno njegova električna otpornost. Budući da sedimenti različitog sastava, granulometrijskih svojstava i zasićenja vodom imaju različite električne otpornosti, ERT-profili omogućili su njihovo razlikovanje te definiranje prostornog rasporeda i međusobnog odnosa sedimentnih slojeva. Kombiniranjem litoloških podataka i geofizičkih profila dobivena je precizna slika podzemlja koja omogućuje pouzdanu procjenu brzine sedimentacije. Dobiveni rezultati poslužit će za izradu 3D paleogeografskog modela koji će omogućiti prognoziranje budućih trendova sedimentacije te odabir održivog pristupa restauraciji Parka prirode „Kopački rit“.

Ključne riječi: Kopački rit, DANSER, istražno bušenje, 2D električna tomografija, sedimentacija

Zahvala: Istraživanje je provedeno u okviru aktivnosti projekta: „Obnova dunavskog sedimenta: prema uspostavi i proširenju održivog upravljanja sedimentima u slivu Dunava“ – DANSER, financiranog iz Okvirnog programa Europske unije za istraživanje i inovacije „Obzor Europa“ i Misije „Obnovimo naš ocean i vode do 2030“ (HORIZON-MISS-2023-OCEAN-01-02, broj 101157942).

Geological and geophysical investigations for assessing the sedimentation rate in Kopački rit Nature Park within the „DANSER“ project

IDA PAVLIN, JASNA OREŠKOVIĆ, SAŠA KOLAR, IVICA PAVIČIĆ, ŽELJKO DUIĆ, BOJAN MATOŠ, BORNA-IVAN BALAŽ, LARA ŠEMBERA

University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, Zagreb, Croatia

Corresponding author: ida.pavlin@rgn.unizg.hr

Abstract

Kopački rit Nature Park, located between the Drava and Danube Rivers, is one of the largest and most sensitive fluvial-wetland systems in Europe. Pronounced climate change and human activity are driving a reduction in surface water and an intensified, accelerated rate of sedimentation within the park, placing its long-term existence at risk. Building on the NATURAVITA project, and with the aim of preventing further infilling of the park while preserving its ecological network and tourism activities, continuous monitoring of recent sedimentation has been carried out over the past two years within the DANSER project. Research conducted to date has comprised multidisciplinary field campaigns involving exploratory drilling as well as hydrogeological, sedimentological, and geophysical surveys. At strategically selected locations (channels, sandbars, and riverbanks), six boreholes up to 9 m deep were drilled, and the collected samples will be used for radiometric dating to further confirm the rate of deposition. As part of this year's research, the lithology of borehole cores up to 9 m deep was determined, providing the basis for detailed lithological profiles. In parallel, geophysical surveys were carried out using 2D Electrical Resistivity Tomography (ERT), a non-invasive method that enables assessment of the thickness and spatial distribution of sedimentary deposits. The application of this method in such sensitive areas ensures the collection of key subsurface data with minimal environmental impact. Geophysical surveys conducted so far have produced six ERT profiles, reaching depths of up to 80 m. Their output is a physical property of the subsurface, namely its electrical resistivity. Since sediments of different composition, grain-size properties, and water saturation show distinct resistivity values, the ERT profiles have made it possible to differentiate between sediment types and to define the spatial distribution and relationships among sedimentary layers. Combining lithological data with geophysical profiles has yielded a detailed subsurface picture, enabling a reliable estimate of the sedimentation rate. The resulting data will be used to develop a 3D paleogeographic model, which will support forecasting of future sedimentation trends and inform the selection of a sustainable restoration approach for Kopački rit Nature Park.

Key words: Kopački rit, DANSER, exploratory drilling, 2D electrical resistivity tomography, sedimentation

Acknowledgment: Research was done as a part of activities of the project: „DANube SEdiment Restoration: towards the deployment and upscaling of sustainable management of the sediments across the Danube catchment basin“ – DANSER, granted from the European Union Research and Innovation Programme „Horizon Europe“ and Mission „Restore our Ocean and Waters by 2030“ (HORIZON-MISS-2023-OCEAN-01-02, No. 101157942).

Održiva turistička valorizacija prirodnih resursa Karlovačke županije: Između zaštite prirodne baštine i razvojnih potencijala

MATEJA PETRAČIĆ

Veleučilište u Karlovcu, Trg Josipa Jurja Strossmayera 9, Karlovac

Dopisni autor: mpetracic@vuka.hr

Sažetak

Karlovačka županija raspolaže izrazito vrijednom i raznolikom prirodnom resursnom osnovom koju obilježavaju riječni sustavi Kupe, Korane, Mrežnice i Dobre, šumska i krajobrazno raznolika područja te prostori značajni za očuvanje prirode i biološke raznolikosti. Istodobno, rast interesa za aktivni, ruralni i ekoturizam povećava potrebu za uspostavljanjem ravnoteže između turističke valorizacije prirodnih resursa i njihove dugoročne zaštite. Cilj rada je analizirati mogućnosti održivog korištenja prirodnih resursa Karlovačke županije u funkciji turističkog razvoja te identificirati ključne izazove njihova očuvanja i valorizacije. Istraživanje se temelji na analizi sekundarnih izvora podataka, uključujući strateške i razvojne dokumente, službena statistička izvješća te relevantnu znanstvenu i stručnu literaturu. Primijenjene su deskriptivna i komparativna analiza te kvalitativna analiza prirodne resursne osnove i razvojnih smjernica destinacije. Rezultati ukazuju na značajan potencijal riječnih, šumskih i krajobraznih resursa za razvoj ekoturizma, aktivnog i ruralnog turizma, ali i na potrebu njihova planskog korištenja zbog mogućih pritisaka turističkih aktivnosti na prostor, okoliš i lokalnu zajednicu. Posebnu važnost imaju očuvanje vodenih ekosustava, zaštita biološke raznolikosti, prostorno uravnotežen razvoj turističkih aktivnosti te suradnja javnog, gospodarskog i civilnog sektora. Zaključuje se da održiva turistička valorizacija prirodne baštine može pridonijeti konkurentnosti Karlovačke županije samo ako se razvoj turističkih proizvoda temelji na načelima očuvanja resursa, odgovornog upravljanja prostorom i aktivnog uključivanja lokalne zajednice.

Ključne riječi: prirodni resursi, održivi turizam, prirodna baština, turistička valorizacija, Karlovačka županija

Sustainable tourism valorisation of natural resources in Karlovac County: Between natural heritage protection and development potential

MATEJA PETRAČIĆ

Karlovac University of Applied Sciences, Trg Josipa Jurja Strossmayera 9, Karlovac, Croatia

Corresponding author: mpetracic@vuka.hr

Abstract

Karlovac County has an extremely valuable and diverse natural resource base, characterized by the river systems of the Kupa, Korana, Mrežnica and Dobra, forest and landscape-diverse areas, and areas important for the preservation of nature and biodiversity. At the same time, the growth of interest in active, rural and ecotourism increases the need to establish a balance between the tourist valorization of natural resources and their long-term protection. The aim of the paper is to analyze the possibilities of sustainable use of natural resources of Karlovac County in the function of tourist development and to identify key challenges of their preservation and valorization. The research is based on the analysis of secondary data sources, including strategic and development documents, official statistical reports and relevant scientific and professional literature. Descriptive and comparative analysis, as well as qualitative analysis of the natural resource base and development guidelines of the destination, were applied. The results indicate the significant potential of river, forest and landscape resources for the development of ecotourism, active and rural tourism, but also the need for their planned use due to the possible pressures of tourist activities on the space, environment and local community. Of particular importance are the preservation of aquatic ecosystems, protection of biodiversity, spatially balanced development of tourism activities, and cooperation between the public, economic, and civil sectors. It is concluded that sustainable tourism valorization of natural heritage can contribute to the competitiveness of Karlovac County only if the development of tourism products is based on the principles of resource conservation, responsible spatial management, and active involvement of the local community.

Key words: natural resources, sustainable tourism, natural heritage, tourism valorization, Karlovac County

Odakle je stigao smeđi medvjed (*Ursus arctos*) u općinu Vojnić? Širenja areala i važnosti stanišne povezanosti

JURAJ PETRAVIĆ[1,2,3], RATKO POPOVIĆ[2,4], MATIJA PETRAVIĆ[3], MIROSLAV ZABORSKI[1], JOSIPA BIONDA RAJČIĆ[1], KRISTINA MUIĆ[1], KATARINA ČAVLOVIĆ[1], TOMISLAV VUKELIĆ[1]

[1] Zelenilo d.o.o. Karlovac, Primorska 39, Karlovac
[2] OIKON d.o.o.- Institut za primijenjenu ekologiju, Trg Senjskih uskoka 1-2, Zagreb
[3] Bio3 j.d.o.o., Kralja Zvonimira 4, Karlovac
[4] Hrvatske šume, Ulica kneza Branimira 1, Zagreb

Dopisni autor: juraj.petravic@zelenilo.hr, jurajpetravic@gmail.com

Sažetak

Smeđi medvjed (*Ursus arctos* L.) je strogo zaštićena vrsta u Republici Hrvatskoj i Europskoj uniji. Trajno je prisutan u jezgrenom dijelu Dinarida. U posljednje vrijeme njegovo pojavljivanje izvan uobičajenog područja rasprostranjenosti nije rijetkost te predstavlja važan indikator prirodnog širenja populacije. U ovom radu potvrđeno je pojavljivanje smeđeg medvjeda na području županijskog lovišta IV/150 Kuplensko (Općina Vojnić). Distribucija širenja arela rasprostranjenosti može se pripisati kvaliteti staništa, orografiji vegetacije, klimatskim čimbenicima i antropogenim utjecajima koji karakteriziraju povezanost i prikladnost staništa za smeđeg medvjeda. Redoviti monitoring, praćenje stanja populacijskih trendova u lovištu pratimo neinvazivnom metodom fotozamki te je tako 21. svibnja 2026. u 18:16 h sati utvrđena prisutnost jedinke smeđeg medvjeda. Istog mjeseca, tijekom redovitog obilaska lovišta lovočuvarska služba također je uočila istu jedinku u neposrednoj blizini gdje je potvrđena njezina prisutnost fotozamkom. Na temelju tjelesne građe, veličine i morfoloških obilježja procijenjeno je da se radi o mlađoj subadultnoj jedinki staroj približno 3–4 godine, procijenjene tjelesne mase 130 - 150 kg. Spolni dimorfizan kod smeđeg medvjeda nije izražen, stoga nije bilo moguće pouzdano odrediti spol zbog udaljenosti opažanja, guste vegetacije i konfiguracije terena. Analizom službenih evidencija gospodarenja divljači utvrđeno je da tijekom posljednjih deset godina u susjednim lovištima: Petrova Gora, IV/119 Krnjak, IV/143 Batnoga, IV/144 Cetingrad i IV/139 Glina nije zabilježena niti jedna jedinka smeđeg medvjeda. Najbliže susjedno lovište Petrova Gora udaljeno je približno 1 km sjeverno, dok se lovište IV/143 Batnoga nalazi oko 2 km južno od mjesta prvog nalaza. S obzirom na malu međusobnu udaljenost lovišta, visok udio očuvanih šumskih staništa, prostornu povezanost i povoljne ekološke uvjete, vrlo je vjerojatno da zabilježena jedinka koristi šire područje više susjednih lovišta tijekom migracije. Nalaz najvjerojatnije predstavlja prirodnu disperziju mlađe subadultne jedinke u potrazi za vlastitim životnim prostorom, što je karakteristično ponašanje smeđih medvjeda tijekom širenja populacije. Svibanj je mjesec reproduktivnog ciklusa parenja vrste što može utjecati na sezonsku migraciju. Dobiveni rezultati potvrđuju važnost kontinuiranog monitoringa velikih zvijeri primjenom automatskih kamera i terenskih opažanja te ukazuju na značaj područja Vojnića i Petrove gore kao funkcionalnog migracijskog koridora koji može omogućiti daljnje širenje dinarske populacije smeđeg medvjeda. Sustavno praćenje budućih opažanja, prikupljanje genetskih uzoraka i kvalitetno gospodarenje između susjednih lovišta predstavljaju ključne preduvjete za učinkovito upravljanje i dugoročno očuvanje ove strogo zaštićene vrste.

Ključne riječi: migracija, disperzija, lovačka kamera, stanišna povezanost, Petrova gora

Where did the brown bear (*Ursus arctos*) come from to the Municipality of Vojnić? Range expansion and the importance of habitat connectivity.

JURAJ PETRAVIĆ[1,2,3], RATKO POPOVIĆ[2,4], MATIJA PETRAVIĆ[3], MIROSLAV ZABORSKI[1], JOSIPA BIONDA RAJČIĆ[1], KRISTINA MUIĆ[1], KATARINA ČAVLOVIĆ[1], TOMISLAV VUKELIĆ[1]

[1] Zelenilo d.o.o. Karlovac, Primorska 39, Karlovac, Croatia
[2] OIKON d.o.o.- Institute of Applied Ecology, Trg Senjskih uskoka 1-2, Zagreb, Croatia
[3] Bio3 j.d.o.o., Kralja Zvonimira 4, Karlovac, Croatia
[4] Croatian Forests Ltd., Ulica kneza Branimira 1, Zagreb, Croatia

Corresponding author: juraj.petravic@zelenilo.hr, jurajpetravic@gmail.com

Abstract

The brown bear (*Ursus arctos* L.) is a strictly protected species in the Republic of Croatia and the European Union. The species is permanently present within the core Dinaric population; however, recent records outside its traditional distribution range have become increasingly frequent, representing an important indicator of natural population expansion. This study documents the confirmed occurrence of a brown bear within the county hunting ground IV/150 Kuplensko (Municipality of Vojnić, central Croatia). The observed expansion of the species' distribution range is likely associated with favourable habitat quality, forest structure, topographic complexity, climatic conditions, and relatively low anthropogenic disturbance, all of which contribute to habitat suitability and landscape connectivity for brown bears. Population monitoring within the hunting ground is conducted using non-invasive camera trapping. On 21 May 2026 at 18:16 h, a camera trap recorded a single brown bear. Later that month, during routine field surveillance, the gamekeeper visually observed the same individual in close proximity to the camera-trap location, confirming its continued presence in the area. Based on body size, morphology, and external characteristics, the animal was identified as a young subadult approximately 3–4 years of age, with an estimated body mass of 130–150 kg. Because sexual dimorphism in brown bears is relatively subtle, reliable sex determination was not possible due to the observation distance, dense vegetation, and terrain configuration. Analysis of official wildlife management records revealed that no confirmed brown bear records have been reported during the past ten years in the adjacent hunting grounds: Petrova Gora, IV/119 Krnjak, IV/143 Batnoga, IV/144 Cetingrad, and IV/139 Glina. The nearest neighbouring hunting ground, Petrova Gora, lies approximately 1 km north of the detection site, whereas hunting ground IV/143 Batnoga is located approximately 2 km south. Considering the short distances between these hunting grounds, the high proportion of continuous forest habitat, favourable ecological conditions, and landscape connectivity, the recorded individual most likely utilizes multiple adjacent hunting grounds during dispersal. The observation most probably represents the natural dispersal of a young subadult searching for a permanent home range, a behaviour commonly observed during population expansion. Month of May corresponds to the mating season of the species, which may additionally influence seasonal movements and dispersal behaviour. These findings emphasize the importance of continuous monitoring of large carnivores through integrated camera trapping and systematic field surveys. Moreover,

they highlight the ecological significance of the Vojnić–Petrova Gora landscape as a functional habitat corridor facilitating further expansion of the Dinaric brown bear population.
Long-term monitoring, genetic sampling, and coordinated wildlife management among neighbouring hunting grounds are essential for evidence-based conservation and the long-term preservation of this strictly protected species.

Key words: migration, range expansion, camera trapping, habitat connectivity, Petrova gora

Karlovac primjer suvremenog urbanog ozelenjivanja! Novih 1165 posađenih stabala iz 72 taksona u pet godina

JURAJ PETRAVIĆ[1,2,3], MARTINA MATASIĆ HULJINA[1], GORDANA PURGAR[1], ORHIDEJA PAVLIĆ GOJAK[1], IVANKA JURKOVIĆ[1], RATKO POPOVIĆ[2,4], TOMISLAV VUKELIĆ[1]

[1] Zelenilo d.o.o. Karlovac, Primorska 39, Karlovac
[2] OIKON d.o.o.- Institut za primijenjenu ekologiju, Trg senjskih uskoka 1-2, Zagreb
[3] Bio3 j.d.o.o., Kralja Zvonimira 4, Karlovac
[4] Hrvatske šume, Ulica kneza Branimira 1, Zagreb

Dopisni autor: juraj.petravic@zelenilo.hr, jurajpetravic@gmail.com

Sažetak

U proteklih pet godina, sukladno zelenoj politici i smjernicama EU, na urbanom području Grada Karlovca planski je posađen značajan broj vrsta dendroflore. Cilj ovoga rada je determinirati indeks raznolikosti posađenih vrsta, utvrditi dominantne posađene vrste i identificirati najmanje posađene vrste dendroflore Karlovca u razdoblju od siječnja 2021. do prosinca 2025. Ovo je istraživanje provedeno u urbanom središnjem dijelu Karlovca. Lokacije stabala utvrđene su pomoću GPS uređaja Garmin Oregon 650, topografske karte Karlovca u mjerilu 1:25.000 i GIS sustava. Determinacija vrsta provedena je pomoću dihotomskog ključa (Idžojtić, 2009). Nakon identifikacije vrsta, položaj i koordinate svakog stabla zabilježeni su naknadno u GIS bazu podataka. Analizom podataka utvrđeno je da je ukupno posađeno 1165 stabala raspoređenih u 72 taksona, što upućuje na planski i taksonomski raznolik pristup urbanom ozelenjivanju s ciljem povećanja bioraznolikosti. Strukturu sadnje obilježava izražena dominacija nekoliko vrsta, ponajprije *Acer platanoides* (161), *Tilia cordata* (106), *Liriodendron tulipifera* (85), *Carpinus betulus* (76) i *Acer campestre* (62), dok su najzastupljeniji rodovi *Acer, Tilia* i *Liriodendron*. Shannon-Wienerov indeks iznosi H'=3,08, a Simpsonov indeks 1–D=0,933, što potvrđuje visoku vrstovnu raznolikost uz umjerenu dominantnost pojedinih taxona. Godišnja dinamika sadnje pokazuje najveći intenzitet u 2023. godini, kada je posađeno 414 stabala, zatim u 2025. s 294 i u 2024. s 236 jedinki, što ukazuje na faznu provedbu i kontinuirano jačanje zelenog fonda. Najmanje posađene vrste bile su *Abies concolor*, *Tilia tomentosa*, *Pinus strobus*, *Picea glauca*, *Morus alba* i *Picea omorica*, svaka sa po jednom jedinkom. Uz njih su pojedine druge vrste bile zastupljene s dvije ili tri jedinke, što dodatno doprinosi taksonomskoj heterogenosti sastojine. Takva distribucija vrsta smanjuje rizik od prekomjerne ovisnosti o malom broju dominantnih vrsta te povećava otpornost urbane dendroflore na biotičke i abiotičke stresove. S ekološkog i prostorno-funkcionalnog stajališta, ovakav sastav sadnje pridonosi ublažavanju učinaka klimatskih promjena u urbanom prostoru Karlovca kroz zasjenjivanje, evapotranspiraciju i smanjenje toplinskog opterećenja. Istodobno se oblikuju zeleni otoci i ekološki koridori koji omogućuju povezivanje staništa, kretanje oprašivača i ptica te jačanje biološke povezanosti urbanog krajolika. Ovakav pristup na razini zajednice povećava kvalitetu života, estetsku vrijednost prostora i dugoročnu otpornost urbanog ekosustava.

Ključne riječi: urbana dendroflora Shannon-Wiener index, *Acer*, *Tilia,* bioraznolikost

Karlovac City a model of contemporary urban greening! New 1,165 planted trees representing 72 taxa in five years

JURAJ PETRAVIĆ[1,2,3], MARTINA MATASIĆ HULJINA[1], GORDANA PURGAR[1], ORHIDEJA PAVLIĆ GOJAK[1], IVANKA JURKOVIĆ[1], RATKO POPOVIĆ[2,4], TOMISLAV VUKELIĆ[1]

[1] Zelenilo d.o.o. Karlovac, Primorska 39, Karlovac, Croatia
[2] OIKON d.o.o.- Institute of Applied Ecology, Trg senjskih uskoka 1-2, Zagreb, Croatia
[3] Bio3 j.d.o.o., Kralja Zvonimira 4, Karlovac, Croatia
[4] Hrvatske šume, Ulica kneza Branimira 1, Zagreb, Croatia

Corresponding author: juraj.petravic@zelenilo.hr, jurajpetravic@gmail.com

Abstract

Over the past five years, in accordance with the EU guidelines and sustainable urban greening strategies, numerous woody plant species have been planned to be introduced into the urban area of the City of Karlovac. The objective of this study was to quantify species diversity, identify the dominant taxa, and the least represented woody species established between January 2021 and December 2025. The study was conducted within the central urban area of Karlovac. Tree locations were recorded using a Garmin Oregon 650 GPS receiver, a 1:25,000 topographic map, and a Geographic Information System (GIS). Species identification was performed using a standard dichotomous identification key (Idžojtić, 2009). Following taxonomic identification, the geographic coordinates and spatial position of each tree were integrated into a GIS database for further spatial analysis. A total of 1,165 trees representing 72 taxa were recorded, indicating a planned and taxonomically diverse approach to urban greening with the goal of achieving greater biodiversity. The planting structure was characterized by the dominance of several species, *Acer platanoides* (161 individuals), *Tilia cordata* (106), *Liriodendron tulipifera* (85), *Carpinus betulus* (76), and *Acer campestre* (62), while the most species-rich genera were *Acer*, *Tilia*, and *Liriodendron*. Diversity analysis yielded a Shannon–Wiener diversity index of H' = 3.08 and a Simpson diversity index of 1 − D = 0.933, demonstrating high species diversity with moderate dominance of several taxa. Annual planting dynamics reached their highest intensity in 2023, with 414 newly planted trees, followed by 294 trees in 2025 and 236 trees in 2024, reflecting a phased implementation strategy and continuous enhancement of the urban tree population. The least represented species included *Abies concolor*, *Pinus strobus*, *Picea glauca*, *Morus alba*, and *Picea omorica*, each represented by a single individual. Several additional species occurred with only two or three individuals, further increasing the taxonomic heterogeneity of the urban tree assemblage. Such distribution minimizes dependence on a limited number of dominant species and enhances the resilience of the urban dendroflora to both biotic and abiotic stressors. From ecological and landscape-functional perspectives, the observed planting strategy contributes significantly to climate change mitigation by increasing canopy cover, promoting evapotranspiration, and reducing urban heat stress. Furthermore, it facilitates the establishment of green infrastructure, ecological corridors, and habitat connectivity, thereby supporting pollinators, birds, and other wildlife while strengthening ecological coherence across the urban landscape. At the community level, this diversified planting approach improves environmental quality, enhances the aesthetic value of public spaces, and increases the long-term resilience and sustainability of the urban ecosystem.

Key words: urban dendroflora, Shannon–Wiener index, *Acer*, *Tilia*, biodiversity

Obnova Europske Amazone: Restauracija rukavaca i obnova hidroloških procesa u Parku prirode "Kopački rit"

MARINA PETRIĆ[1], VLATKO ROŽAC[2], IVAN VUČKOVIĆ[3], IDA ČARNOHORSKI[1], MLADEN PLANTAK[3], ALEKSANDAR DROBNJAK[1]

[1] WWF Adria, Boškovićeva 2, Zagreb,
[2] Javna ustanova "Park prirode Kopački rit" Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Bilje
[3] Elektroprojekt d.d., Građevinsko-arhitektonski biro, Odjel ekologije, Alexandera von Humboldta 4, Zagreb

Dopisni autor: mpetric@wwfadria.org

Sažetak

Projekt Obnova Europske Amazone, koji provode WWF Adria i Javna ustanova „Park prirode Kopački rit" uz potporu programa Endangered Landscapes & Seascapes Programme (ELSP), usmjeren je na obnovu prirodnih hidroloških procesa i povezanosti riječnih i poplavnih staništa unutar UNESCO-ovog Prekograničnog rezervata biosfere Mura-Drava-Dunav. Restauracijske aktivnosti u Parku prirode "Kopački rit" usmjerene su na ponovno uspostavljanje povezanosti Dunava s rukavcima i poplavnim staništima, čime se nastoji poboljšati plavni režim te povećati ekološka funkcionalnost poplavnog sustava. Nađhat kanal predstavlja važnu hidrološku poveznicu unutar poplavnog sustava Kopačkog rita, povezujući Vemeljski Dunavac s Kopačkim jezerom te ima značajnu ulogu prilikom nailaska poplavnih voda, održavanju vodnog režima i povezivanju vodenih staništa. Tijekom posljednjih desetljeća kanal je mjestimično zatrpan akumuliranim naplavinama i drvenastim materijalom, što je smanjilo njegovu protočnost i ograničilo prirodnu cirkulaciju vode. Tijekom 2025. godine provedena je restauracija Nađhat kanala uklanjanjem akumuliranih naplavina i drvenastog materijala duž približno 2,5 km kanala. Zbog iznimne prirodne vrijednosti područja i potrebe za smanjenjem utjecaja na staništa i vrste, radovi su izvedeni primjenom ručnih metoda. Provedenim zahvatima povećan je proticajni profil kanala kanala te su stvoreni preduvjeti za veći proticaj poplavnih voda između Vemeljskog Dunavca i Kopačkog jezera, odnosno za obnovu prirodnih hidroloških procesa unutar poplavnog područja. Druga restauracijska aktivnost planirana je za 2027. i 2028 godinu na području Buda, a obuhvaća obnovu rukavca Ribarica. Cilj zahvata je ponovno uspostavljanje veze između rukavca i rijeke Dunav uklanjanjem nataloženog sedimenta i drugih prepreka koje usporavaju protok vode. Ponovnim povezivanjem Ribarice s Dunavom omogućit će se učinkovitiji ulazak i zadržavanje poplavnih voda u unutarnjim dijelovima poplavne nizine, čime će se poboljšati plavni režim područja Buda i povećati prostorni opseg plavljenja. Time će se doprinijeti obnovi prirodnih hidroloških procesa te očuvanju ekoloških funkcija i bioraznolikosti poplavnih staništa Parka prirode "Kopački rit". Provedeni i planirani restauracijski zahvati predstavljaju važan doprinos obnovi prirodnih hidroloških procesa u dunavskoj poplavnoj nizini. Očekuje se da će povećana povezanost riječnog koridora i poplavnih područja rezultirati poboljšanjem hidrološkog stanja, većom dinamikom plavljenja i dugoročnim unapređenjem stanja vodenih i močvarnih staništa na širem području UNESCO-ovog Prekograničnog rezervata biosfere Mura-Drava-Dunav.

Ključne riječi: restauracija prirode, hidrološka povezanost, poplavna područja, Kopački rit, Dunav

Restoring the Amazon of Europe: Side channel restoration and recovery of hydrological processes in Kopački rit Nature Park

MARINA PETRIĆ[1], VLATKO ROŽAC[2], IVAN VUČKOVIĆ[3], IDA ČARNOHORSKI[1], MLADEN PLANTAK[3], ALEKSANDAR DROBNJAK[1]

[1] WWF Adria, Boškovićeva 2, Zagreb, Croatia
[2] Public Institution Kopački Rit Nature Park, Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Bilje, Croatia
[3] Elektroprojekt d.d., Civil and Architectural Engineering Department, Section of Ecology, Alexandera von Humboldta 4, Zagreb, Croatia

Corresponding author: mpetric@wwfadria.org

Abstract

The Restoring the Amazon of Europe project, implemented by WWF Adria and Public Institution Kopački rit Nature Park with support from the Endangered Landscapes & Seascapes Programme (ELSP), aims to restore natural hydrological processes and connectivity between river and floodplain habitats within the UNESCO Transboundary Biosphere Reserve Mura-Drava-Danube. Restoration activities in Kopački rit Nature Park focus on re-establishing the connectivity between the Danube River, side channels and floodplain habitats in order to improve the flooding regime and enhance the ecological functionality of the floodplain ecosystem. The Nađhat Channel represents an important hydrological connection within the Kopački rit floodplain system, linking the Vemeljski Dunavac with Kopačko Lake. It plays a significant role in transporting floodwaters, maintaining the water regime and connecting aquatic habitats. Over recent decades, parts of the channel became clogged with accumulated driftwood and sediment deposits, reducing water flow and limiting natural water circulation. In 2025, restoration works were carried out along approximately 2.5 km of the Nađhat Channel through the removal of accumulated woody debris. Due to the high conservation value of the area and the need to minimise impacts on habitats and species, the works were conducted using predominantly manual methods. These interventions improved channel flow capacity and created favourable conditions for more efficient transport of floodwaters between Vemeljski Dunavac and Kopačko Lake, thereby supporting the recovery of natural hydrological processes within the floodplain. A second restoration activity is planned for 2027 and 2028 in the Buda area and includes the restoration of the Ribarica side channel. The intervention aims to re-establish the connection between the side channel and the Danube River through the removal of accumulated sediment and other obstructions restricting water flow. Reconnecting Ribarica with the Danube will facilitate the inflow and retention of floodwaters within the interior parts of the floodplain, improving the flooding regime of the Buda area and increasing the spatial extent of inundation. These measures are expected to contribute to the recovery of natural hydrological processes and support the conservation of ecological functions and biodiversity within Kopački rit floodplain habitats. The completed and planned restoration measures represent an important contribution to the recovery of natural hydrological processes within the Danube floodplain. Enhanced connectivity between the river corridor and its floodplain is expected to improve hydrological conditions, increase flood dynamics and support the long-term conservation of aquatic and wetland habitats across the wider UNESCO Transboundary Biosphere Reserve Mura-Drava-Danube.

Key words: restoration of nature, hydrological connectivity, floodplains, Kopački rit Danube River

Koncentracije aktivnosti ^{210}Pb u zraku na području Osijeka

BRANKO PETRINEC[1,2], BRANIMIR ZUNER[1], DINKO BABIĆ[1], MARINA SERENČEŠ[1], NIKOLA VOLARIĆ[2], ALEKSANDAR VČEV[2], ANDREA LOVRIĆ[3], IGOR MIKLAVČIĆ[4]

[1] Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zavod za zaštitu od zračenja, Ksaverska cesta 2, Zagreb
[2] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet za dentalnu medicinu i zdravstvo, Crkvena 21, Osijek
[3] Klinički bolnički centar Osijek, Josipa Huttlera 4, Osijek
[4] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za fiziku, Trg Ljudevita Gaja 6, Osijek

Dopisni autor: petrinec@imi.hr

Sažetak

U Republici Hrvatskoj kontinuirano se prati prisutnost radioaktivnih tvari u zraku (^{40}K, ^{7}Be, ^{137}Cs, ^{134}Cs, ^{210}Pb, ^{214}Bi, ^{214}Pb) prema programu praćenja stanja radioaktivnosti okoliša, te je 2023. godine u Osijeku uspostavljeno novo mjerno mjesto. U radu prikazujemo rezultate mjerenja koncentracije aktivnosti ^{210}Pb za protekle tri godine, od veljače 2023. do prosinca 2025. Mjerenja koncentracije aktivnosti ^{210}Pb su ovisna o lokaciji i mediju mjerenja (zrak, voda ili tlo), a zbog toga što ^{210}Pb pripada prirodnom lancu raspada ^{238}U, preko izotopa radona, stalno je prisutan u prirodi. Ovaj prirodni radionuklid se može iskoristiti za datiranje sedimenata, ako se u budućnosti budu provodila takva istraživanja u močvarnim sustavima Kopačkog rita jer ima vrijeme poluraspada od 22,3 godine, što je dobro za proučavanje posljednjih stotinjak godina taloženja. Metoda uzorkovanja je prosisavanje zraka preko celuloidnog filtra gdje se deponiraju čestice, a mjerenje koncentracije aktivnosti se vrši visokorezolucijskom gamaspektrometrijom, akreditiranom metodom prema zahtjevima norme HRN EN ISO/IEC 17025:2017. Rezultati mjerenja se upisuju u izvještaj koji se šalje nadležnoj instituciji (MUP, Ravnateljstvo Civilne zaštite, Sektor za radiološku i nuklearnu sigurnost). Vrijednosti koncentracija aktivnosti ^{210}Pb u zraku na području Osijeka su usporedive s onima na svjetskoj razini nad tlom sa srednjom trogodišnjom vrijednosti uz mjernu nesigurnost koja iznosi Ac=(1,11±0,06) mBq·m^{-3}, s minimumom od 0,57 mBq·m^{-3} u proljeće 2024. i maksimumom od 1,68 mBq·m^{-3} u jesen 2024. Prema provedenim mjerenjima u Osijeku doprinos ^{210}Pb u prirodnom pozadinskom zračenju je zanemariv.

Ključne riječi: prirodni radionuklidi, koncentracija aktivnosti, ^{210}Pb, zrak

Activity concentration of airborne ^{210}Pb in the Osijek area

BRANKO PETRINEC[1,2], BRANIMIR ZUNER[1], DINKO BABIĆ[1], MARINA SERENČEŠ[1], NIKOLA VOLARIĆ[2], ALEKSANDAR VČEV[2], ANDREA LOVRIĆ[3], IGOR MIKLAVČIĆ[4]

[1] Institute for Medical Research and Occupational Health, Radiation Protection Division, Ksaverska cesta 2, Zagreb, Croatia
[2] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Dental Medicine and Health, Crkvena 21, Osijek, Croatia
[3] Clinical Hospital Centre Osijek, Josipa Huttlera 4, Osijek, Croatia
[4] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Physics, Trg Ljudevita Gaja 6, Osijek, Croatia

Corresponding author: petrinec@imi.hr

Abstract

The presence of airborne radioactive matter (^{40}K, ^{7}Be, ^{137}Cs, ^{134}Cs, ^{210}Pb, ^{214}Bi, ^{214}Pb) in the Republic of Croatia, is measured regularly according to the programme of the monitoring of radioactivity in the environment. Within the scope of this programme, a new measurement site was established in Osijek in 2023. In this work, we present the results of the measurements of the activity concentration of airborne ^{210}Pb between February 2023 and December 2025. Measurements of the activity concentration of ^{210}Pb are specific of the location and the medium (air, water, or soil), which is a consequence of the presence of ^{210}Pb in the environment due to the fact that in belongs to the naturally occurring ^{238}U decay chain, appearing after the decay of radon. Due to its long half-life of 22.3 years, this isotope can be used for sediment dating in case of a need for such a research in the Kopački Rit swamp areas, which can cover roughly a hundred years of sedimentation. The sampling method is based on pumping the air through a celluloid filter which captures particles, and the activity concentration is determined by means of gamma-ray spectrometry accredited according to the HRN EN ISO/IEC 17025:2017 standard. Measurement results are a part of reports for different state institutions (Ministry of Interior, Civil Defence - Sector for radiological and nuclear safety). Activity concentrations of airborne ^{210}Pb in the Osijek area are comparable to those worldwide, the average over three years being 1,11 ± 0,06 mBq·m^{-3}, with the minimum of 0.57 mBq·m^{-3} in the spring of 2024 and the maximum of 1,68 mBq·m^{-3} in the autumn of 2025. According to these results, the contribution of ^{210}Pb to the background radiation in Osijek is negligible.

Key words: naturally occurring radionuclides, activity concentration, ^{210}Pb, air

Izazovi integracije satelitskih podataka srednje rezolucije i bioakustičkog monitoringa u modeliranju popunjenosti staništa: Studija slučaja u dinamičnom ekosustavu poplavnog područja

IVAN PLAŠČAK[1], SINIŠA OZIMEC[1], IVANA MAJIĆ[1], MLADEN JURIŠIĆ[1], DORIJAN RADOČAJ[1], ANKICA SARAJLIĆ[1], HELENA EREŠ[1], VLATKO ROŽAC[2], MARIJA VEREŠ[2], MARIN ŠKORO[2], TIHOMIR FLORIJANČIĆ[1], DENIS DEŽE[1]

[1] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Ulica Vladimira Preloga 1, Osijek
[2] Javna ustanova „Park prirode Kopački rit", Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Bilje

Dopisni autor: iplascak@fazos.hr

Sažetak

Pasivni akustički monitoring (PAM) pojavio se kao moćan, neinvazivni alat za procjenu faune divljih životinja, posebno u nepristupačnim močvarnim okruženjima. Međutim, učinkovito povezivanje akustičkih detekcija visoke rezolucije sa širim prostornim obilježjima staništa ostaje trajni metodološki izazov, posebno u vrlo dinamičnim ekosustavima poplavnih nizina gdje se uvjeti okoliša brzo mijenjaju. Obrađeni su metodološki aspekti i ograničenja integriranja bioakustičkih podataka sa satelitski izvedenim varijablama okoliša, u svrhu modeliranja prostorne zastupljenosti jelena običnog (*Cervus elaphus*) u Parku prirode „Kopački rit" u Hrvatskoj. Tijekom vrhunca sezone parenja (rujan - listopad) 2023. i 2024. godine, 100 AudioMoth uređaja raspoređeno je po Parku i konfigurirano za snimanje zvukova 1 minute svakih 5 minuta. Prikupljene su ukupno 332,302 audio snimke. Automatizirano prepoznavanje vrsta provedeno je pomoću modela Random Forest, postižući točnost od 75,1 % i preciznost od 75,6 % na temelju ručno validiranog skupa spektrograma za trening. U svrhu utvrđivanja opažene prostorne distribucije, svi dnevno prikupljeni podaci integrirani su u model popunjenosti jedne vrste koristeći R paket *unmarked.* Model je uključivao statičke, satelitski izvedene kovarijante pokrova zemljišta iz skupa podataka CORINE (CLC2018) (posebno listopadne šume, obnovljeno zemljište i močvare) zajedno s euklidskom udaljenošću do najbližeg vodnog tijela. Akustični podaci otkrili su jasne međugodišnje pomake u prostornoj distribuciji, s koncentriranim središtima detekcije u jugozapadnim i središnjim područjima Parka 2023. godine, koja su 2024. prešla na heterogeniju i ravnomjernije raspoređenu distribuciju na dodatnim postajama. Međutim, iz procesa integracije pojavilo se ključno metodološko ograničenje: nijedna od satelitski izvedenih kovarijanti staništa nije pokazala statistički značajni učinak na vjerojatnost prisutnosti jelena ($p > 0,05$ za sve varijable u obje godine). Na primjer, listopadne šume i močvare pokazale su negativne, ali neznačajne procjene, dok je udaljenost do vodnog tijela pokazala neznačajan pozitivan trend. Ovi rezultati ukazuju da statički satelitski podaci srednje rezolucije nisu dovoljni za bilježenje precizne ekološke dinamike (kao što su dnevna hidrološka varijabilnost, fluktuacije vlažnosti tla i akustičko maskiranje gustom vegetacijom) koja u osnovi utječe na ponašanje vrsta i njihovu detekciju u složenim močvarama. Konačno, istraživanje naglašava potrebu za pažljivim prostornim i vremenskim usklađivanjem skale.

Budući napori moraju dati prioritet dinamičkim proizvodima daljinskog istraživanja više rezolucije (npr. Sentinel-1 SAR za opseg poplava) kako bi se uspješno integrirali s mrežom terenskih senzora i postigla robusna ekološka inferencija u upravljanju poplavnim područjima.

Ključne riječi: satelitsko daljinsko istraživanje, bioakustika, model popunjenosti, stanište, Kopački rit, *Cervus elaphus*, CORINE, poplavni ekosustav

Zahvala: Istraživanje je provedeno u sklopu projekta *Wetland and Wildlife Monitoring Using Technology and Acoustics* (WatchOut) (2022.-2026.) uz potporu tvrtke Huawei Technologies d.o.o. u okviru programa TECH4ALL Nature Guardian.

Challenges of integrating medium-resolution satellite data and bioacoustic monitoring in habitat occupancy modeling: A case study in a dynamic floodplain ecosystem

IVAN PLAŠČAK[1], SINIŠA OZIMEC[1], IVANA MAJIĆ[1], MLADEN JURIŠIĆ[1], DORIJAN RADOČAJ[1], ANKICA SARAJLIĆ[1], HELENA EREŠ[1], VLATKO ROŽAC[2], MARIJA VEREŠ[2], MARIN ŠKORO[2], TIHOMIR FLORIJANČIĆ[1], DENIS DEŽE[1]

[1] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Ulica Vladimira Preloga 1, Osijek, Croatia
[2] Public Institution Kopački rit Nature Park, Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Bilje, Croatia

Corresponding author: iplascak@fazos.hr

Abstract

Passive acoustic monitoring (PAM) has emerged as a powerful, non-invasive tool for wildlife assessment, particularly in inaccessible wetland environments. However, effectively linking high-resolution acoustic detections to broader spatial habitat characteristics remains a persistent methodological challenge, especially in highly dynamic floodplain ecosystems where environmental conditions fluctuate rapidly. This study evaluates the methodological aspects and inherent limitations of integrating bioacoustic data with satellite-derived environmental variables to model the spatial occupancy of red deer (Cervus elaphus) in Kopački rit Nature Park, Croatia. During the peak rutting seasons (September to October) of 2023 and 2024, we deployed 100 AudioMoth devices evenly distributed across the park, configured to record for 1 minute every 5 minutes. This intensive protocol yielded a total of 332,302 audio recordings. Automated species detection was performed using a Random Forest model, achieving 75.1% accuracy and 75.6% precision based on a manually validated training set of spectrogram clips. To explain the observed spatial distribution, we integrated these daily detection histories into a single-species occupancy model using the R package unmarked. We incorporated static, satellite-derived land cover covariates from the CORINE (CLC2018) dataset (specifically deciduous forest, recovered land, and wetland) along with the Euclidean distance to the nearest water source. The acoustic data revealed clear interannual shifts in spatial distribution, with concentrated detection hotspots in the southwestern and central Park areas in 2023, transitioning to a more heterogeneous and evenly spread distribution across additional stations in 2024. However, a critical methodological limitation emerged from the integration process: none of the satellite-derived habitat covariates exhibited a statistically significant effect on red deer occupancy probability ($p > 0.05$ for all variables in both years). For instance, deciduous forest and wetland showed negative but non-significant estimates, while distance to water showed a non-significant positive trend. These results strongly indicate that medium-resolution, static satellite data are inadequate for capturing the fine-scale ecological dynamics (such as daily hydrological variability, soil moisture fluctuations, and acoustic masking by dense vegetation) that fundamentally drive species behavior and detectability in complex wetlands. Ultimately, this study highlights the critical need for careful spatial and temporal scale alignment.

Future efforts must prioritize higher-resolution, dynamic remote sensing products (e.g., Sentinel-1 SAR for flood extent) to successfully integrate with field sensor networks and achieve robust ecological inference in floodplain management.

Key words: satellite remote sensing, bioacoustics, occupancy modeling, habitat, Kopački rit, *Cervus elaphus*, CORINE, floodplain ecosystems

Acknowledgement: This research was conducted as part of the project *Wetland and Wildlife Monitoring Using Technology and Acoustics* (WatchOut) (2022–2026), supported by Huawei Technologies Ltd. within the TECH4ALL Nature Guardian programme.

Mogućnost upotrebe biosonifikacije biljaka u edutainmentu i interpretaciji prirode Kopačkog rita

ANA POPOVIĆ

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet za odgojne i obrazovne znanosti, Ulica cara Hadrijana 10, Osijek

Dopisni autor: apopovic@foozos.hr

Sažetak

Tehnologija biosonifikacije biljaka – pretvorba električnih signala i mikronapona biljaka u zvučne i glazbene zapise – već se neko vrijeme razvija i primjenjuje unutar razmjerno zatvorene glazbene i umjetničke zajednice. Biljke kroz stanične membrane prenose brze električne impulse i reagiraju na podražaje iz okoline poput svjetlosti, vlažnosti ili dodira. Pomoću biofeedback uređaja (poput *Music of the Plants*), ti se impulsi pretvaraju u MIDI podatke te u realnom vremenu stvaraju zvuk. Iako se u specifičnim umjetničkim krugovima ova metoda koristi za eksperimentalno stvaralaštvo i ambijentalne projekte, njezin potencijal u edukaciji i široj interpretaciji prirode još uvijek nije dovoljno prepoznat ni iskorišten. Ovaj rad prikazuje konceptualni pregled biosonifikacije biljaka i mogućnosti njezine primjene u Parku prirode Kopački rit kroz koncept edutainmenta (edukacije kroz zabavu i doživljaj). Suptilni električni signali specifične močvarne flore Kopačkog rita mogu se pretvoriti u zvučne podražaje i tako posjetiteljima pružiti jedinstven, interaktivan doživljaj biljnoga svijeta. Takav pristup ima veliku vrijednost u obrazovanju: učenicima i posjetiteljima na pristupačan i opipljiv način približava biologiju biljaka, demonstrira njihovu osjetilnost i skreće pozornost na njihovu važnost u ekosustavu. Osim u nastavi i edukativnim radionicama, biosonifikacija biljaka može poslužiti kao inovativan prezentacijski i marketinški alat u posjetiteljskim centrima te imati terapijski učinak za opuštanje i fokus posjetitelja.

Ključne riječi: biosonifikacija biljaka, edutainment, Kopački rit, edukacija o prirodi, biofeedback, interpretacija prirode

Possibility of using plant biosonification in edutainment and nature interpretation of Kopački rit

ANA POPOVIĆ

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Education, Ulica cara Hadrijana 10, Osijek, Croatia

Corresponding author e-mail: apopovic@foozos.hr

Abstract

Plant biosonification technology—the conversion of electrical signals and micro-voltages from plants into sound and musical structures—has been developed and applied for some time within a relatively niche music and arts community. Plants transmit rapid electrical impulses through cell membranes and respond to environmental stimuli such as light, humidity, or touch. Using biofeedback devices (such as *Music of the Plants*), these impulses are translated into MIDI data and generate sound in real time. Although this method is used in specific artistic circles for experimental creativity and ambient projects, its potential in broader environmental education and nature interpretation remains largely unrecognized and underutilized. This paper presents a conceptual overview of plant biosonification and the possibilities for its application within Kopački ritNature Park through the concept of edutainment. The subtle electrical signals of specific wetland flora in Kopački rit can be converted into auditory triggers, providing visitors with a unique, interactive experience of the plant world. Such an approach holds significant educational value: it presents plant biology to students and visitors in an accessible and tangible way, demonstrates plant sensitivity, and highlights their importance within the ecosystem. Beyond formal education and workshops, plant biosonification can serve as an innovative presentation and marketing tool in visitor centers, as well as offer therapeutic benefits for visitor relaxation and focus.

Key words: plant biosonification, edutainment, Kopački rit, environmental education, biofeedback, nature interpretation

Korištenje poljoprivrednih površina jelena običnog (*Cervus elaphus*) nakon ispuštanja na području sjevernog Velebita

RATKO POPOVIĆ[1], JURAJ PETRAVIĆ[2], LIDIJA ŠVER[3], GORAN GUŽVICA[4], SLAVEN RELJIĆ[4, 5], KRISTIJAN TOMLJANOVIĆ[6]

[1] Hrvatske šume d.o.o. , Ulica kneza Branimira 1, Zagreb
[2] Zelenilo d.o.o. Karlovac, Primorska ulica 39, Karlovac
[3] Bioterra – Udruga za istraživanje, snimanje i zaštitu prirodne baštine Hrvatske, Grižanska 15, Zagreb
[4] Oikon – Institut za primjenjenu ekologiju d.o.o., Trg senjskih uskoka 1-2, Zagreb
[5] Sveučilište u Zagrebu, Veterinarski fakultet, Heinzelova 55, Zagreb
[6] Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Svetošimunska 25, Zagreb

Dopisni autor: ratko.popovic20@gmail.com

Sažetak

Ispuštanje jelena običnog (*Cervus elaphus* L., 1758) iz kontroliranog uzgajališta u planinska područja predstavlja zahtjevan proces prilagodbe na nove okolišne uvjete. Uspješnost prilagodbe ovisi o dostupnosti hrane, vegetacijskom pokrovu, klimatskim uvjetima, konfiguraciji terena te prisutnosti velikih zvijeri. Planinska šumska staništa predstavljaju prirodni životni prostor jelena običnog, jedne od ključnih vrsta dinarskih šumskih ekosustava. Nakon ispuštanja jedinke postupno usvajaju obrasce korištenja prostora karakteristične za divlje populacije. Iako su poljoprivredne površine na području sjevernog Velebita prostorno slabo zastupljene, zbog povećane hranidbene vrijednosti mogu predstavljati važan resurs tijekom procesa prilagodbe. Na području sjevernog Velebita ispušteno je 11 jedinki jelena običnog iz kontroliranog uzgajališta "Šepрешhat". Kretanje jedinki praćeno je GPS telemetrijskim ogrlicama programiranima za bilježenje lokacija u intervalima od šest sati. Podaci su analizirani s obzirom na korištenje poljoprivrednih površina tijekom različitih razdoblja dana, pri različitim temperaturama zraka i u različitim godišnjim dobima kako bi se utvrdili obrasci njihova sezonskog korištenja. Poljoprivredne površine razvrstane su u tri kategorije: pašnjaci, livade i oranice. Pašnjaci predstavljaju površine koje se održavaju isključivo ispašom, livade površine koje se redovito kose, dok oranice obuhvaćaju površine pod ratarskim kulturama. Razdoblja dana određena su prema vremenu izlaska i zalaska Sunca za svaki datum istraživanja te su razvrstana na noć, građansko svitanje (središte Sunca nalazi 6° ispod horizonta (-6°) i završava izlaskom Sunca (0°)), jutro (od izlaska Sunca do približno 3 sata nakon izlaska), dan i građanski sumrak (počinje zalaskom Sunca (0°) i završava kada je Sunce 6° ispod horizonta (-6°)). Od ukupno 7498 GPS lokacija, 2233 (29,8 %) evidentirane su na poljoprivrednim površinama (livadama, pašnjacima i oranicama). Rezultati pokazuju razlike u korištenju poljoprivrednih površina ovisno o dobu dana, temperaturi zraka i godišnjem dobu: tijekom noći najveći broj GPS lokacija zabilježen je na livadama; livade su najčešće korištene pri temperaturama od 5 do 15 °C, pašnjaci između 5 i 20 °C, a oranice između 10 i 15 °C; tijekom proljeća i ljeta prevladava korištenje livada i pašnjaka, dok se oranice češće koriste u proljeće i jesen nego tijekom zime i ljeta. Jelen obični pretežno je krepuskularna vrsta, no obrazac njegove aktivnosti može se mijenjati ovisno o godišnjem dobu, dostupnosti hrane, antropogenom uznemiravanju i drugim okolišnim čimbenicima. Rezultati pokazuju izražene sezonske razlike u korištenju poljoprivrednih površina. Takve površine predstavljaju vrijedan hranidbeni resurs, osobito za jedinke neposredno nakon ispuštanja iz kontroliranog uzgajališta.

Najveći broj GPS lokacija zabilježen je tijekom noći, što upućuje na povećano korištenje poljoprivrednih površina u razdoblju najveće aktivnosti jelena i smanjenog antropogenog uznemiravanja. Tijekom proljeća i ljeta prevladava korištenje livada i pašnjaka zbog razvoja svježe travnate vegetacije. Oranice se intenzivnije koriste u proljeće, kada pružaju mlade usjeve, te u jesen tijekom sazrijevanja poljoprivrednih kultura.
Dobiveni rezultati potvrđuju da poljoprivredne površine predstavljaju važnu sastavnicu staništa tijekom prilagodbe ispuštenih jedinki te da njihov prostorni raspored i kvaliteta mogu značajno utjecati na sezonsko korištenje prostora.

Ključne riječi: jelen obični, poljoprivreda, sjeverni Velebit, GPS ogrlice, antropogeni utjecaj

Use of agricultural areas by Red Deer (*Cervus elaphus*) after release in the northern Velebit area

RATKO POPOVIĆ[1], JURAJ PETRAVIĆ[2], LIDIJA ŠVER[3], GORAN GUŽVICA[4], SLAVEN RELJIĆ[4, 5], KRISTIJAN TOMLJANOVIĆ[6]

[1] Croatian Forests Ltd., Ulica kneza Branimira 1, Zagreb, Croatia
[2] Zelenilo Ltd. Karlovac, Primorska ulica 39, Karlovac, Croatia
[3] Bioterra – Association for Research, Photographing and Conservation of Croatian Natural Heritage, Grižanska 15, Zagreb, Croatia
[4] Oikon – Institute of Applied Ecology, Trg senjskih uskoka 1-2, Zagreb, Croatia
[5] University of Zagreb, Faculty of Veterinary Medicine, Heinzelova 55, Zagreb, Croatia
[6] University of Zagreb, Faculty of Forestry and Wood Technology, Svetošimunska 25, Zagreb, Croatia

Corresponding author: ratko.popovic20@gmail.com

Abstract

The release of red deer (*Cervus elaphus* L., 1758) from a controlled breeding facility into mountainous areas represents a demanding process of adaptation to new environmental conditions. The success of this adaptation depends on food availability, vegetation cover, climatic conditions, terrain configuration, and the presence of large predators. Mountain forest habitats are the natural environment of the red deer, one of the key species of the Dinaric forest ecosystems. Following release, individuals gradually adopt patterns of space use characteristic of wild populations. Although agricultural areas in the Northern Velebit region are spatially limited, their higher forage value may represent an important resource during the adaptation process. A total of 11 red deer were released in the Northern Velebit area from the controlled breeding enclosure "Šepрešhat". The movement of individuals was monitored using GPS telemetry collars programmed to record locations at six-hour intervals. The data were analysed with respect to the use of agricultural land during different periods of the day, under different air temperatures, and across different seasons to determine patterns of seasonal habitat use. Agricultural land was classified into three categories: pastures, meadows, and arable land. Pastures are areas maintained exclusively by grazing, meadows are regularly mown grasslands, while arable land includes areas under field crops. Periods of the day were defined according to the time of sunrise and sunset for each sampling date and classified as night, civil dawn (when the centre of the Sun is 6° below the horizon (-6°) until sunrise (0°)), morning (from sunrise until approximately three hours after sunrise), daytime, and civil dusk (beginning at sunset (0°) and ending when the Sun reaches 6° below the horizon (-6°)).Out of a total of 7,498 GPS locations, 2,233 (29.8%) were recorded on agricultural land (meadows, pastures, and arable land). The results showed differences in the use of agricultural land depending on the time of day, air temperature, and season: during the night, the highest number of GPS locations was recorded in meadows; meadows were most frequently used at temperatures between 5 and 15 °C, pastures between 5 and 20 °C, and arable land between 10 and 15 °C; during spring and summer, meadows and pastures predominated, whereas arable land was used more frequently in spring and autumn than during winter and summer. Red deer are predominantly a crepuscular species; however, their activity pattern may vary depending on the season, food availability, anthropogenic disturbance, and other environmental factors. The results indicate pronounced seasonal differences in the use of agricultural land. Such areas represent a valuable feeding resource, particularly for individuals immediately after release from a controlled breeding enclosure.

The highest number of GPS locations was recorded during the night, indicating increased use of agricultural land during the period of greatest deer activity and reduced anthropogenic disturbance. During spring and summer, meadows and pastures predominated due to the growth of fresh herbaceous vegetation. Arable land was used more intensively in spring, when young crops were available, and in autumn during crop maturation. The obtained results confirm that agricultural land represents an important component of the habitat during the adaptation of released individuals and that its spatial distribution and quality can significantly influence seasonal patterns of space use.

Key words: Red deer, agriculture, northern Velebit, GPS collars, anthropogenic impact

Bilje očima STEAM-a

MIRNA PRUSINA, ZDENKA ĆUTEK

Osnovna škola Bilje, Školska 8, Bilje

Dopisni autor: mirna.prusina@gmail.com

Sažetak

Učenici Osnovne škole Bilje svake školske godine interdisciplinarnim istraživačkim radom proučavaju jednu temu vezanu uz zavičaj – Općinu Bilje. Ciljevi projekta su: sačuvati mjesni okoliš, njegovu prirodnu i kulturnu raznolikost; naučiti učenike interdisciplinarnom istraživačkom pristupu; razvijati poduzetnički način razmišljanja kroz Učeničku zadrugu ; ostvariti bolju suradnju s lokalnom zajednicom. Tijekom četiri godine planirane su četiri priče: 2023./2024. Avantura u dvorcu (dovršeno); 2024./2025. Biljska stepa (dovršeno); 2025./2026. Tradicionalna baranjska kuća (dovršeno); 2026./2027. Kopački rit u srcu (u pripremi). Učenička zadruga svake godine u lipnju i srpnju predstavlja rezultate projekta na Međunarodnom etno sajmu u Bilju. Avantura u dvorcu: prve školske godine učenici su istraživali dvorac Eugena Savojskog u Bilju, njegov položaj, povijest, dimenzije i okoliš te važnost za zaštitu prirodne i kulturne baštine te održivi turizam općine. Biljska stepa: jedan je od posljednjih stepskih travnjaka u Hrvatskoj, smješten na mjesnom groblju u Bilju. Učitelji i učenici su istraživali zaštićene biljke te pokušavali odgovoriti na pitanja kako sačuvati tu biološku raznolikost. Tradicionalna baranjska kuća: u aktivnost je uključeno 14 učitelja različitih predmeta. Učitelji i učenici su se istraživačkim radom upoznali s kulturnom baštinom Općine Bilje, te pokušali oživjeti tradicionalne poslove. Tradicionalnim predmetima pokušali smo dati suvremeni način upotrebe. Kopački rit u srcu: kroz povezivanje škole i lokalne zajednice kroz Kopački rit kao vanjske učionice. Podrškom obiteljskom turizmu, razvoju poduzetničkih vještina, jačanju ekološke svijesti i učenju kroz istraživački terenski rad naša škola se aktivno uključuje u zaštitu prirodne i kulturne baštine, razvijanje ekološke svijesti, očuvanje biološke raznolikosti te pokušavamo učenike naučiti održivom korištenju prirodnih resursa.

Ključne riječi: Bilje, Baranja, Kopački rit, stepski travnjak, dvorac, tradicionalna kuća, STEAM

Bilje through the eyes of STEAM

MIRNA PRUSINA, ZDENKA ĆUTEK

Elementary School Bilje, Školska 8, Bilje, Croatia

Corresponding author: mirna.prusina@gmail.com

Abstract

Each school year, students from Elementary School Bilje explore through interdisciplinary research work a topic related to their homeland, the Municipality of Bilje. The project aims are the following: preserve the local environment with natural and cultural diversity; teach students an interdisciplinary research approach; foster an entrepreneurial mindset through the Student Cooperative; and strengthen cooperation with the local community. Over a four-year period, four stories are planned: 2023/2024 The Castle Adventure (completed); 2024/2025 The Bilje Steppe (completed); 2025/2026 The Traditional Baranja House (completed); and 2026/2027 Kopački rit in our Hearts (in preparation). Each year in June and July, the Student Cooperative presents the project results at the International Ethno Fair in Bilje. The Castle Adventure; during the first school year, students investigated the castle of Prince Eugene of Savoy in Bilje, its location, history, dimensions, and surroundings, as well as its importance for the conservation of natural and cultural heritage and for sustainable tourism in the municipality. The Bilje steppe; one of the last remaining steppic grasslands in Croatia, located at the local cemetery in Bilje, teachers and students researched protected plant species and sought answers on how to keep this biodiversity. The traditional Baranja house; this activity involved 14 teachers from various subjects. Through research-based work, teachers and students explored the cultural heritage of the Municipality of Bilje and attempted to revive traditional trades. We also sought to find modern applications for traditional objects. Kopački rit in our Hearts; by linking the school with the local community, using Kopački rit as an outdoor classroom. By supporting family tourism, developing entrepreneurial skills, raising environmental awareness, and learning through field research, our school actively participates in protecting natural and cultural heritage, fostering environmental consciousness, biodiversity conservation, and sustainable use of natural resources.

Key words: Bilje, Baranja, Kopački rit, steppic grassland, castle, traditional house, STEAM

Povezivanje fenoloških metrika Sentinel-2 i vegetacijskih indeksa otpornih na zasićenje za bolju korelaciju s prinosom kukuruza

DORIJAN RADOČAJ, MLADEN JURIŠIĆ, IVAN PLAŠČAK, DARIA GALIĆ SUBAŠIĆ, LUCIJA GALIĆ

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Ulica Vladimira Preloga 1, Osijek

Dopisni autor: dradocaj@fazos.hr

Sažetak

Zasićenje vegetacijskih indeksa pri visokoj gustoći usjeva ograničava pouzdanost procjene prinosa kukuruza u kasnim fenološkim fazama, u kojima se formira najveći dio prinosa. Kako bi se utvrdila optimalna kombinacija vegetacijskog indeksa i fenološke metrike za procjenu prinosa kukuruza, u ovoj su studiji evaluirane sve kombinacije osam vegetacijskih indeksa i sedam fenoloških metrika, s naglaskom na indekse otporne na efekt zasićenja. Uz uobičajene indekse, iz snimaka Sentinel-2 izvedeni su i noviji indeksi otporni na zasićenje, *Inverted Difference Vegetation Index* (IDVI), *Three Red-Edge Vegetation Index* (NDVI3RE) i *Plant Phenology Index* (PPI). Referentni podaci o prinosu prikupljeni su kartama prinosa s kombajna na dvanaest parcela u istočnoj Hrvatskoj tijekom 2022. i 2023. godine, ukupne površine 67,61 ha. Fenološke metrike izvedene su prilagodbom Beckova logističkog modela vremenskim nizovima svakog indeksa, a povezanost s prinosom kvantificirana je Pearsonovim koeficijentom korelacije temeljenim na polinomu drugog stupnja. Najvišu korelaciju s prinosom kukuruza ostvarila je kombinacija NDVI3RE i faze senescencije (Pearsonov koeficijent 0,506), čime se potvrđuje važnost kasnih vegetacijskih faza, odnosno vrhunca sezone i senescencije, za procjenu prinosa. Pritom nijedan pojedinačni indeks nije bio optimalan u svim fenološkim fazama: EVI i EVI2 najbolje su se povezali s fazom dormantnosti, dok je NDVI3RE dosljedno prednjačio u kasnim fazama rasta. Povezanost optimalne kombinacije s prinosom znatno je varirala među pojedinačnim parcelama, vjerojatno zbog međugodišnjih vremenskih razlika, uz izraženiji efekt zasićenja 2022. nego 2023. godine. Smanjeni efekt zasićenja indeksa temeljenog na rubu crvenog dijela spektra upućuje na njegovu veću prikladnost za procjenu prinosa kukuruza, osobito u uvjetima visoke akumulacije biomase.

Ključne riječi: kombajn, Three Red-Edge Vegetation Index, senescencija, fenološka analiza

Zahvala: Autori zahvaljuju tvrtki Jerković d.o.o. iz Koške na ustupljenim kartama prinosa kukuruza korištenima u istraživanju.

Linking Sentinel-2 phenology metrics with saturation-resistant vegetation indices for improved maize yield correlation

DORIJAN RADOČAJ, MLADEN JURIŠIĆ, IVAN PLAŠČAK, DARIA GALIĆ SUBAŠIĆ, LUCIJA GALIĆ

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Ulica Vladimira Preloga 1, Osijek, Croatia

Corresponding author: dradocaj@fazos.hr

Abstract

The saturation of vegetation indices under dense canopy conditions limits the reliability of maize yield assessment during late phenological stages, when most of the yield is formed. To identify the optimal combination of vegetation index and phenology metric for maize yield assessment, this study evaluated all combinations of eight vegetation indices and seven phenology metrics, emphasizing saturation-resistant indices. Alongside conventional indices, the recently developed Inverted Difference Vegetation Index (IDVI), Three Red-Edge Vegetation Index (NDVI3RE), and Plant Phenology Index (PPI) were derived from Sentinel-2 imagery. Ground truth yield data were collected as combine harvester yield maps from twelve parcels in Eastern Croatia during 2022 and 2023, covering 67.61 ha in total. Phenology metrics were extracted by fitting the Beck logistic model to each index time-series, and their association with yield was quantified using the Pearson correlation coefficient based on a second-degree polynomial. The combination of NDVI3RE and the senescence stage produced the strongest correlation with maize yield (Pearson coefficient of 0.506), confirming the relevance of late vegetative stages, namely peak of season and senescence, for yield assessment. No single index was optimal across all phenological stages: EVI and EVI2 aligned best with the dormancy stage, whereas NDVI3RE consistently led during late growth phases. The association of the optimal combination with yield varied notably among individual parcels, likely reflecting interannual weather differences, with a more pronounced saturation effect in 2022 than in 2023. The reduced saturation of the red-edge-based index points to its greater suitability for maize yield assessment, particularly in high-biomass environments.

Key words: combine harvester, Three Red-Edge Vegetation Index, senescence, phenology analysis

Acknowledgement: The authors are thankful to Jerković d.o.o. from Koška for providing the ground truth maize yield maps used in the research.

Desetljeće satelitskog praćenja vegetacije u Parku prirode „Kopački rit“

DORIJAN RADOČAJ[1], IVAN PLAŠČAK[1], MLADEN JURIŠIĆ[1], IVANA MAJIĆ[1], SINIŠA OZIMEC[1], ANKICA SARAJLIĆ[1], VLATKO ROŽAC[2]

[1] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Ulica Vladimira Preloga 1, Osijek
[2] Javna ustanova „Park prirode Kopački rit“, Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Bilje

Dopisni autor: dradocaj@fazos.hr

Sažetak

Kopački rit, poplavno područje uz Dunav u istočnoj Hrvatskoj površine oko 177 četvornih kilometara, dom je populacijama gnijezdećih i selećih ptica, vodene vegetacije i raznolikih šumskih staništa, a njegovo se stanje pomno prati kao pokazatelj zdravlja šireg ekosustava. Terenski obilasci, međutim, ne mogu pokriti tako veliko i dinamično područje dovoljno često da bi se problemi uočili u ranoj fazi. U okviru projekta WatchOut (praćenje močvarnih staništa i divljih životinja uz pomoć tehnologije i akustike) razvijen je radni tijek ranog upozoravanja temeljen na satelitskim snimkama, koji deset godina slobodno dostupnih podataka pretvara u operativnu sliku stanja vegetacije na razini cijelog parka. Snimke Landsata 8 iz razdoblja 2013.–2022. filtrirane su prema oblačnosti, pretvorene u vegetacijski indeks te preuzorkovane na jedinstvenu mrežu od 100 metara; korak fenološkog modeliranja potom je za svaki piksel rekonstruirao gladak mjesečni signal unatoč prazninama u satelitskom pokrivanju. Uzimajući razdoblje 2013.–2019. kao referentno, svaki mjesec 2020., 2021. i 2022. godine uspoređen je s očekivanom vrijednošću kako bi se označili pikseli s neuobičajenim ponašanjem, a ta su odstupanja potom nenadziranim grupiranjem razvrstana u pet klasa, od jako narušene do dobro razvijene vegetacije. Dobivene karte pokazale su da je otprilike dvije trećine Kopačkog rita u nekom trenutku tijekom te tri testne godine pripadalo negativnoj klasi, pri čemu su najizraženiji padovi bili koncentrirani na konkretnim, prostorno određenim lokacijama, a ne ravnomjerno raspoređeni po parku. Budući da metoda koristi isključivo otvorene satelitske podatke i ne zahtijeva terenske posjete, može se ažurirati svake sezone uz zanemariv dodatni trošak, čime se resursno zahtjevan zadatak praćenja pretvara u rutinski korak provjere. Uprava parka i lokalni donositelji odluka mogu na temelju ovih karata odlučiti gdje je ograničeno terensko vrijeme najbolje uložiti, usmjeravajući terensku provjeru na anomalije koje se ne mogu objasniti samo na temelju satelitskih podataka, u skladu sa širim ciljem projekta WatchOut – kombiniranjem daljinskih istraživanja i akustičkog praćenja u svrhu očuvanja močvarnih staništa.

Ključne riječi: praćenje močvarnih staništa, detekcija NDVI anomalija, fenološko modeliranje, vremenski niz Landsat snimaka

Zahvala: Istraživanje je provedeno u sklopu projekta *Wetland and Wildlife Monitoring Using Technology and Acoustics* (WatchOut) (2022.–2026.) uz potporu tvrtke Huawei Technologies d.o.o. u okviru programa TECH4ALL Nature Guardian.

A Decade of satellite-based vegetation monitoring in Kopački rit Nature Park

DORIJAN RADOČAJ[1], IVAN PLAŠČAK[1], MLADEN JURIŠIĆ[1], IVANA MAJIĆ[1], SINIŠA OZIMEC[1], ANKICA SARAJLIĆ[1], VLATKO ROŽAC[2]

[1] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Ulica Vladimira Preloga 1, Osijek, Croatia
[2] Public Institution Kopački rit Nature Park, Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Bilje, Croatia

Corresponding author: dradocaj@fazos.hr

Abstract
Kopački rit, a floodplain wetland of roughly 177 square kilometres along the Danube in eastern Croatia, sustains breeding and migrating bird populations, aquatic vegetation, and diverse forest habitats, and its condition is watched closely as an indicator of the wider ecosystem's health. Field surveys, however, cannot cover such a large and dynamic area often enough to catch developing problems early. Within the WatchOut project (Wetland and Wildlife Monitoring Using Technology and Acoustics), we developed a satellite-based early-warning workflow that turns ten years of freely available imagery into an operational picture of vegetation condition across the park. Landsat 8 scenes from 2013 to 2022 were filtered for cloud cover, converted to a vegetation index, and resampled to a consistent 100-metre grid; a phenology-modelling step then reconstructed a smooth monthly signal for every pixel despite gaps in satellite coverage. Using 2013–2019 as a reference period, each month of 2020, 2021, and 2022 was compared against its expected value to flag pixels behaving abnormally, and these deviations were grouped by unsupervised clustering into five classes spanning severely stressed to thriving vegetation. The resulting maps showed that roughly two-thirds of Kopački rit fell into a negative class at some point during the three test years, with the most severe declines concentrated in specific, mappable areas rather than spread evenly across the park. Because the method relies only on open satellite data and needs no site visits, it can be updated every season at effectively no marginal cost, turning a resource-intensive task into a routine screening step. Park management and local decision-makers can use these maps to decide where limited field time is best spent, directing ground verification toward anomalies the satellite record cannot explain on its own, in support of WatchOut's broader goal of combining remote sensing and acoustic monitoring for wetland conservation.

Key words: wetland monitoring, NDVI anomaly detection, phenology modelling, Landsat time series

Acknowledgement: This research was conducted as part of the project *Wetland and Wildlife Monitoring Using Technology and Acoustics* (WatchOut) (2022–2026), supported by Huawei Technologies d.o.o. within the TECH4ALL Nature Guardian programme.

Speleološki objekti Slavonskog gorja

GORAN RADONIĆ[1], MARKO DOBOŠ[1], GORAN PAVIĆ[1], IVICA SAMARĐIĆ[2], IVA GALIĆ[2], MARIJA KOVAČEVIĆ[2]

[1] Javna ustanova „Park prirode Papuk", Trg Gospe Voćinske 11, Voćin
[2] Javna ustanova za upravljanje zaštićenim područjem Požeško-slavonske županije, Republike Hrvatske 1b, Požega

Dopisni autor: radonic.goran1@pp-papuk.hr

Sažetak

UNESCO-ov Međunarodni dan špilja i krša obilježavamo 19. rujna. Hrvatska se ponosi svojim nadzemnim prirodnim ljepotama, ali i jedinstvenim podzemljem krških područja. Iako su krške pojave i oblici primarno razvijeni u vapnenačkim stijenama Dinarida, relikt krša prisutan je i na Slavonskim gorama, gdje brojni morfološki oblici tvore krški reljef. Danas je poznato stotinjak speleoloških objekata Slavonskog gorja. Među njima se ističu ponor Uviraljka, jama Suhodolka, podzemni tok Kovačice i špilja Trbušnjak. U knjizi Speleološki objekti Slavonskog gorja evidentirane su i stručno obrađene 33 špilje i 10 jama, kao i drugi morfološki oblici krša te antropogeni podzemni objekti. Brojni speleološki objekti, kanali i podzemne mreže u karbonatnim naslagama još uvijek zahtijevaju dodatna istraživanja. Dosadašnja biospeleološka istraživanja potvrđuju prisutnost raznolike faune beskralježnjaka, uključujući rakušce (Amphipoda), jednakonožne kopnene rakove (Isopoda terrestria), stonoge (Myriapoda), pauke (Araneae), lažištipavce (Pseudoscorpiones), skokune (Collembola), kornjaše (Coleoptera) i virnjake (Tricladida). Na ulazima u podzemne objekte obitavaju daždevnjaci, vodenjaci, žabe i pojedine vrste ptica, dok špilje povremeno koriste i kune, lisice i jazavci. Zabilježeno je i 13 vrsta šišmiša, čiji opstanak uvelike ovisi o očuvanju podzemnih staništa.

Ključne riječi: Slavonsko gorje, krš, speleološki objekti, podzemna fauna, šišmiši

Speleological features of the Slavonian hills

GORAN RADONIĆ[1], MARKO DOBOŠ[1], GORAN PAVIĆ[1], IVICA SAMARĐIĆ[2], IVA GALIĆ[2], MARIJA KOVAČEVIĆ[2]

[1] Public Institution Papuk Nature Park, Trg Gospe Voćinske 11, Voćin, Croatia
[2] Public Institution for the Management of Protected Areas in Požega-Slavonia County, Republike Hrvatske 1b, Požega, Croatia

Corresponding author: radonic.goran1@pp-papuk.hr

Abstract

On September 19, we celebrate UNESCO International Caves and Karst Day. Croatia is renowned for its beautiful above-ground natural landscapes, but it can also boast a unique underground world shaped by karst. Although karst phenomena and formations have primarily developed in the limestone rocks of the Dinarides, a remnant of karst is also present in the Slavonian Hills, where numerous morphological features form a distinctive karst landscape. Today, around one hundred speleological sites are known in the Slavonian Hills. Among them, the Uviraljka Sinkhole, Suhodolka Pit, Kovačica Underground Watercourse, and Trbušnjak Cave stand out. The book Speleological Sites of the Slavonian Hills documents and provides professional descriptions of 33 caves and 10 pits, as well as other karst morphological features and anthropogenic underground structures. Numerous speleological sites, channels, and underground networks within carbonate deposits still require further research. Previous biospeleological studies have confirmed the presence of diverse invertebrate fauna, including amphipods (Amphipoda), terrestrial isopods (Isopoda terrestria), myriapods (Myriapoda), spiders (Araneae), pseudoscorpions (Pseudoscorpiones), springtails (Collembola), beetles (Coleoptera), and flatworms (Tricladida). Salamanders, newts, frogs, and certain bird species inhabit the entrances to underground sites, while caves are occasionally used by martens, foxes, and badgers. Thirteen bat species have also been recorded, whose survival largely depends on the preservation of underground habitats.

Key words: Slavonian Hills, karst, speleological features, underground fauna, bats

Umjetna inteligencija u praćenju i zaštiti Parka prirode „Kopački rit“: Dosadašnja primjena i razvojne mogućnosti

MARIN REŽIĆ*

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet za odgojne i obrazovne znanosti Osijek, Ulica cara Hadrijana 10, Osijek (*student Doktorskog studija Obrazovne znanosti i perspektive obrazovanja)

Dopisni autor: mrezic@foozos.hr

Sažetak

Park prirode „Kopački rit“ predstavlja jedno od najznačajnijih poplavnih i močvarnih područja u Hrvatskoj, obilježeno izrazitom prostornom i vremenskom dinamikom vodenih, močvarnih, travnjačkih i šumskih staništa. Takva obilježja zahtijevaju kontinuirano praćenje velikog broja okolišnih i bioloških podataka, pri čemu razvoj umjetne inteligencije i metoda strojnog učenja otvara nove mogućnosti automatizacije i unaprjeđenja biomonitoringa. Cilj rada je analizirati dosadašnju primjenu i mogućnosti daljnjeg korištenja umjetne inteligencije u praćenju i zaštiti prirodnih vrijednosti Parka prirode „Kopački rit“. Rad se temelji na analizi recentne znanstvene literature i dostupnih podataka o tehnološki podržanom monitoringu provedenom na području Parka. Posebna pozornost usmjerena je na primjenu umjetne inteligencije u obradi bioakustičkih podataka, fotografija i videozapisa, analizi satelitskih snimaka i snimaka prikupljenih bespilotnim letjelicama te prostornom praćenju staništa i promjena u okolišu. Analiza pokazuje da su metode umjetne inteligencije već primjenjive u automatiziranom prepoznavanju životinjskih vrsta, obradi velikih količina bioakustičkih podataka, utvrđivanju prostorne rasprostranjenosti vrsta te kartiranju i praćenju kopnenih, močvarnih i vodenih staništa. Povezivanje umjetne inteligencije s geografskim informacijskim sustavima i daljinskim istraživanjima dodatno omogućuje učinkovitiju detekciju prostornih promjena i dugoročno praćenje osjetljivih ekosustava. Ključna ograničenja proizlaze iz kvalitete i reprezentativnosti ulaznih podataka, potrebe za lokalno prilagođenim modelima te nužnosti terenske provjere rezultata. Zaključno, umjetna inteligencija može značajno nadopuniti tradicionalne metode biomonitoringa, ali njihova najveća vrijednost proizlazi iz integracije s terenskim istraživanjima i stručnim znanjem. Takav integrirani pristup može pridonijeti pravodobnijem prepoznavanju promjena i kvalitetnijem donošenju odluka u dugoročnoj zaštiti Kopačkog rita.

Ključne riječi: umjetna inteligencija, Kopački rit, biomonitoring, daljinska istraživanja, zaštita prirode

Artificial intelligence in the monitoring and protection of Kopački rit Nature Park: Current application and developmental potential

MARIN REŽIĆ*

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Education, Ulica cara Hadrijana 10, Osijek, Croatia (*PhD student of the Doctoral Programme in Educational Sciences and Perspectives in Education)

Corresponding author: mrezic@foozos.hr

Abstract

Kopački rit Nature Park is one of the most significant floodplain and wetland areas in Croatia, characterized by distinct spatial and temporal dynamics across aquatic, wetland, grassland, and forest habitats. These characteristics necessitate the continuous monitoring of extensive environmental and biological data, while the development of artificial intelligence and machine learning methods opens up new possibilities for automating and enhancing biomonitoring. This paper aims to analyse the current application and future potential of artificial intelligence in monitoring and protecting the natural assets of Kopački rit Nature Park. The study is based on an analysis of recent scientific literature and available data regarding technology-supported monitoring conducted within the Park. Particular attention is focused on the application of artificial intelligence in processing bioacoustics data, photographs, and video footage; analysing satellite imagery and data collected by unmanned aerial vehicles (UAVs); and spatially monitoring habitats and environmental changes. The analysis demonstrates that artificial intelligence methods are already applicable to the automated identification of animal species, the processing of large volumes of bioacoustics data, the determination of species' spatial distribution, and the mapping and monitoring of terrestrial, wetland, and aquatic habitats. Integrating artificial intelligence with geographic information systems (GIS) and remote sensing further enables more efficient detection of spatial changes and long-term monitoring of sensitive ecosystems. Key limitations stem from the quality and representativeness of input data, the need for locally adapted models, and the necessity of field validation of the results. In conclusion, artificial intelligence can significantly complement traditional biomonitoring methods, but its greatest value lies in its integration with field research and expert knowledge. Such an integrated approach can contribute to the timelier detection of changes and better decision-making regarding the long-term protection of Kopački rit.

Key words: artificial intelligence, Kopački rit, biomonitoring, remote sensing, nature conservation

Prostorna analiza demografskih promjena odabranih naselja u okolici Parka prirode “Kopački rit”, 2001.-2021.

MARKO REŽIĆ*

Osnovna škola Bratoljuba Klaića, Dr. Franje Tuđmana 1, Bizovac (*student Doktorskog studija Obrazovne znanosti i perspektive obrazovanja, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet za odgojne i obrazovne znanosti)

Dopisni autor: mrezic2@foozos.hr

Sažetak

Demografske promjene predstavljaju važan pokazatelj društveno-prostornih procesa, osobito u ruralnim i prijelaznim područjima istočne Hrvatske gdje dugotrajno smanjenje broja stanovnika utječe na funkcije naselja, dostupnost usluga i mogućnosti lokalnog razvoja. Cilj rada je analizirati intenzitet, vremensku dinamiku i prostorne razlike u promjeni broja stanovnika u Bilju, Kopačevu, Lugu i Vardarcu, odabranim naseljima Općine Bilje u okolici Parka prirode Kopački rit, tijekom razdoblja 2001.–2021. godine. Odabir naselja temelji se na njihovoj veličini, prostornoj blizini Parku te dostupnosti usporedivih popisnih podataka. Istraživanje se temelji na podacima Popisa stanovništva Državnog zavoda za statistiku iz 2001., 2011. i 2021. godine. Primijenjene su metode deskriptivne statistike, izračun apsolutne i relativne promjene broja stanovnika te usporedna analiza dvaju međupopisnih razdoblja i cjelokupnog promatranog razdoblja. Pri interpretaciji rezultata uvažene su metodološke razlike između pojedinih popisa stanovništva. Rezultati pokazuju izraženu prostornu i vremensku neujednačenost demografskih promjena. Ukupan broj stanovnika četiriju analiziranih naselja povećao se s 5.344 stanovnika 2001. na 5.566 stanovnika 2011. godine, što predstavlja rast od 4,2 %. Međutim, u sljedećem međupopisnom razdoblju zabilježen je pad na 4.729 stanovnika 2021. godine, odnosno smanjenje od 15,0 % u odnosu na 2011. U cjelokupnom razdoblju 2001.–2021. ukupan broj stanovnika smanjen je za 615 osoba ili 11,5 %. Bilje se izdvaja kao demografski najstabilnije naselje: između 2001. i 2011. zabilježilo je rast od 12,1 %, nakon čega je do 2021. uslijedilo smanjenje, pa je ukupna promjena u dvadesetogodišnjem razdoblju iznosila svega −2,0 %. Nasuprot tomu, Kopačevo je između 2001. i 2021. izgubilo 23,2 %, Vardarac 23,6 %, a Lug 29,7 % stanovništva. Posebno je izraženo razdoblje 2011.–2021., kada je broj stanovnika opao u sva četiri analizirana naselja, pri čemu su najveće relativne stope smanjenja zabilježene u Lugu i Vardarcu. Takav obrazac pokazuje da ukupni rast zabilježen u prvom desetljeću nije bio prostorno ravnomjeran, nego je prvenstveno posljedica rasta Bilja, dok su ostala promatrana naselja već tada bilježila pad broja stanovnika. Analiza potvrđuje da se demografski procesi u neposrednijem okruženju Kopačkog rita ne odvijaju jednakim intenzitetom. Veće središnje naselje Bilje pokazuje znatno veću demografsku stabilnost, dok su manja naselja izložena snažnijem i kontinuiranijem smanjenju stanovništva. Dobiveni rezultati mogu poslužiti kao osnova za daljnja istraživanja dobne strukture, prirodnog kretanja i migracija te za planiranje lokalnih usluga, očuvanje funkcija naselja i održivo upravljanje prostorom u okolici zaštićenog područja.

Ključne riječi: demografske promjene, Kopački rit, naselja, stanovništvo

Spatial analysis of demographic changes in selected settlements in the vicinity of Kopački rit Nature Park, 2001-2021

MARKO REŽIĆ*

Elementary School "Bratoljub Klaić", Dr. Franje Tuđmana 1, Bizovac, Croatia (*PhD student of the Doctoral Programme in Educational Sciences and Perspectives in Education, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Education)

Corresponding author: mrezic2@foozos.hr

Abstract

Demographic change is an important indicator of socio-spatial processes, particularly in rural and transitional areas of eastern Croatia, where long-term population decline affects settlement functions, access to services, and local development opportunities. This paper analyses the intensity, temporal dynamics, and spatial differences in population change in Bilje, Kopačevo, Lug, and Vardarac, selected settlements of the Municipality of Bilje in the surroundings of Kopački rit Nature Park, during 2001–2021. The settlements were selected according to their size, spatial proximity to the Park, and the availability of comparable census data. The research is based on the 2001, 2011, and 2021 population censuses of the Croatian Bureau of Statistics. Methods include descriptive statistics, calculation of absolute and relative population change, and comparative analysis of the two intercensal periods and the entire study period. Methodological differences between censuses were considered when interpreting the results. The results reveal pronounced spatial and temporal disparities. The combined population of the four analysed settlements increased from 5,344 inhabitants in 2001 to 5,566 in 2011, representing growth of 4.2%. However, it fell to 4,729 inhabitants in 2021, a decrease of 15.0% compared with 2011. Over the entire 2001–2021 period, the total population decreased by 615 persons, or 11.5%. Bilje stands out as the most demographically stable settlement: between 2001 and 2011 its population increased by 12.1%, followed by a decline by 2021, resulting in an overall twenty-year change of only −2.0%. In contrast, between 2001 and 2021 Kopačevo lost 23.2% of its population, Vardarac 23.6%, and Lug 29.7%. The 2011–2021 period was particularly unfavourable, as population declined in all four settlements, with the highest relative decreases recorded in Lug and Vardarac. This pattern shows that the aggregate growth observed in the first decade was not spatially uniform, but was primarily driven by Bilje, while the other analysed settlements were already experiencing decline. The analysis confirms that demographic processes in the surroundings of Kopački rit do not occur with equal intensity. The larger central settlement of Bilje demonstrates considerably greater demographic stability, while smaller settlements face stronger and more persistent population decline. The findings can support further research into age structure, natural population change, and migration, as well as the planning of local services, preservation of settlement functions, and sustainable spatial management around the protected area.

Key words: demographic change, Kopački rit, population, settlements

Slušanje Kopačkoga rita: Uvid u ekoakustiku iz projekta WatchOut

JOSÉ W. RIBEIRO JR[1]; TOMAZ NASCIMENTO DE MELO[1], CLAYDSON BEZERRA[1], MARÍA J. ANDRADE-NÚÑEZ[1], THIAGO BICUDO[1], LOLA ABED[1], GABRIEL AUGUSTO LEITE[1], GUILHERME MELO[1], GIULYANA ALTHMANN BENEDICTO[1], TALA HOUSSAMI[1], KRIS HARMON[1], IVANA MAJIĆ[2], SINIŠA OZIMEC[2], IVAN PLAŠČAK[2], VLATKO ROŽAC[3], MARCONI CAMPOS-CERQUEIRA[1]

[1] WildMon, Lewes, Delaware, USA
[2] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Ulica Vladimira Preloga 1, Osijek
[3] Javna ustanova "Park prirode Kopački rit", Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Bilje

Dopisni autor: josewribeiro@wildmon.ai

Sažetak

Pasivnim akustičkim monitoringom (PAM) u ekosustavima Parka prirode „Kopački rit", tijekom tri godine (2023.–2025.) prikupljeni su vrijedni akustički podaci. Akustički snimači postavljeni na 98 lokacija omogućili su prikupljanje višesezonskog skupa podataka za karakterizaciju lokalnog zvučnog okoliša i detekciju glasanja divljih životinja. Iz prikupljenih i do sada analiziranih 4.442.539 minuta snimki vrste su identificirane višestupanjskim postupkom koji je kombinirao popis potencijalnih vrsta temeljen na bazi GBIF, temeljne akustičke modele (npr. BirdNET), akustičke predloške specifične za pojedine vrste te stručnu provjeru. Na temelju dobivenih podataka trenirana je prilagođena konvolucijska neuronska mreža (CNN), specifična za ovu regiju, za prepoznavanje glasanja lokalnih vrsta. Model je postigao visoku uspješnost klasifikacije za 154 obuhvaćene vrste te predstavlja osnovu za buduće dugoročno akustičko praćenje u jednom od najvažnijih poplavnih ekosustava regije Dunav–Drava. Detekcije su zatim analizirane pomoću višesezonskih modela popunjenosti za više vrsta (*multi-species occupancy models*), uz uključivanje kovarijabli povezanih s vegetacijom i vodom za koje se očekivalo da utječu na pojavnost vrsta unutar mozaika močvarnih i šumskih staništa Parka. U dosad analiziranim podacima zabilježeno je 164 vrste divlje faune (154 vrste ptica, 5 vrsta sisavaca i 5 vrsta vodozemaca), uključujući mnoge ugrožene, rijetke i zaštićene vrste. Modeliranje popunjenosti otkrilo je jasnu podjelu staništa unutar zajednice ptica, pri čemu su specifični odgovori pojedinih vrsta na strukturu vegetacije, pokrovnost šumom i lokalnu hidrologiju oblikovali raspored vrsta duž gradijenta od močvarnih do šumskih područja Parka. Preliminarna analiza trendova na razini zajednice nije pokazala jasne promjene u popunjenosti staništa ptica ili sisavaca u odnosu na početno stanje iz 2023. godine, što upućuje na stabilnost zajednice tijekom razdoblja praćenja. Nasuprot tome, kod vodozemaca je zabilježen kontinuirani pad popunjenosti na razini zajednice. Ovi rezultati ističu Kopački rit kao vrijedan poplavni ekosustav bogat bioraznolikošću te demonstriraju vrijednost PAM-a kao neinvazivnog alata za dugoročno praćenje bioraznolikosti, nudeći pritom primjenjiv model za kombiniranje akustičke tehnologije, klasifikacije temeljene na umjetnoj inteligenciji i modeliranja popunjenosti staništa u zaštićenim močvarnim područjima diljem svijeta.

Ključne riječi: pasivni akustički monitoring, model zauzeća za više vrsta, duboko učenje, monitoring bioraznolikosti, poplavni ekosustav

Zahvala: Istraživanje je provedeno je u sklopu projekta *Wetland and Wildlife Monitoring Using Technology and Acoustics* (WatchOut) (2022-2026) uz potporu tvrtke Huawei technologies d.o.o. u okviru programa TECH4ALL Nature Guardian.

Listening to Kopački rit: ecoacoustic insights from the WatchOut project

JOSÉ W. RIBEIRO JR[1]; TOMAZ NASCIMENTO DE MELO[1], CLAYDSON BEZERRA[1], MARÍA J. ANDRADE-NÚÑEZ[1], THIAGO BICUDO[1], LOLA ABED[1], GABRIEL AUGUSTO LEITE[1], GUILHERME MELO[1], GIULYANA ALTHMANN BENEDICTO[1], TALA HOUSSAMI[1], KRIS HARMON[1], IVANA MAJIĆ[2], SINIŠA OZIMEC[2], IVAN PLAŠČAK[2], VLATKO ROŽAC[3], MARCONI CAMPOS-CERQUEIRA[1]

[1] WildMon, Lewes, Delaware, USA
[2] Josipa Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Ulica Vladimira Preloga 1, Osijek, Croatia
[3] Public Institution Kopački rit Nature Park, Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Bilje, Croatia

Corresponding author: josewribeiro@wildmon.ai

Abstract

Passive acoustic monitoring has been deployed to listen to the wetland and forest ecosystems of Kopački rit Nature Park, Croatia, generating three consecutive years of acoustic data (2023–2025). Acoustic recorders deployed across 98 sampling sites produced a multi-season dataset used to characterize the local soundscape and detect vocalizing wildlife. From the resulting 4,442,539 minutes of recordings, species were identified through a multi-step workflow combining a GBIF-based candidate species list, acoustic foundation models (e.g., BirdNET), species-specific acoustic templates, and expert validation. Using the resulting dataset, we trained a custom, region-specific convolutional neural network (CNN) for local species vocalizations. The model achieved strong classification performance across the 154 species classes included and provides a reusable foundation that can support future long-term acoustic monitoring in one of the Danube-Drava region's most significant floodplain ecosystems. Detections were then analyzed using multi-season, multi-species occupancy models incorporating vegetation and water-related covariates expected to shape species occurrence across the Park's wetland and forest mosaic. Over the three years, we recorded 164 wild fauna species: 154 birds, 5 mammals, and 5 amphibians), including many threatened, rare and protected species. Occupancy modeling revealed clear habitat partitioning among the avian community, with species-specific responses to vegetation structure, forest cover, and local hydrology shaping distributions across the Park's wetland-to-forest gradient. Preliminary community-level trend analysis showed no clear change in avian or mammal occupancy relative to the 2023 baseline, suggesting community-level stability over the three-year monitoring period. In contrast, amphibian occupancy showed a sustained community-level decline. These results highlight Kopački rit as a biodiversity-rich, floodplain ecosystem, and demonstrate the value of PAM as a scalable, non-invasive tool for long-term biodiversity monitoring, offering a replicable model for combining acoustic technology, AI-based classification, and occupancy modeling in protected wetland landscapes worldwide.

Key words: passive acoustic monitoring, multi-species occupancy modeling, deep learning, biodiversity monitoring, floodplain ecosystem

Acknowledgement: This research was conducted as part of the project *Wetland and Wildlife Monitoring Using Technology and Acoustics* (WatchOut) (2022–2026), supported by Huawei Technologies d.o.o. within the TECH4ALL Nature Guardian programme.

Građanska znanost kao alat za edukaciju o kvaliteti zraka: Početni koraci nacionalnog projekta

JASMINA RINKOVEC[1], GORDANA PEHNEC[1], SILVIJE DAVILA[1], DARIJO BRZOJA[2], DANICA KRALJEVIĆ[2]

[1] Institut za Medicinska istraživanja i medicinu rada, Ksaverska cesta 2, Zagreb
[2] Državni hidrometeorološki zavod, Ravnice 48, Zagreb

Dopisni autor: jrinkovec@imi.hr

Sažetak

Projekt „Podizanje znanja, razumijevanja i podrške javnosti o kvaliteti zraka – *Citizen Science*" započeo je s ciljem jačanja svijesti javnosti, osobito mladih, o onečišćenju zraka, njegovim učincima na zdravlje, okoliš i klimu te važnosti praćenja kvalitete zraka. U početnoj fazi naglasak je na pripremi edukacijskih aktivnosti i uspostavi mreže senzorskih sustava koja će učenicima, nastavnicima i lokalnoj zajednici omogućiti jednostavno uključivanje u mjerenja kvalitete zraka. Planirane aktivnosti obuhvaćaju izradu edukacijskih materijala prilagođenih različitim uzrastima, uključujući edukativne videozapise, priručnik za nastavnike, infografike i radne listiće. U školama diljem Hrvatske održat će se radionice za učenike te edukacije za nastavnike, uz postavljanje senzorskih sustava za mjerenje lebdećih čestica, dušikovih oksida i ozona. Škole će dobiti i prijenosna računala te pristup platformi na kojoj će se nalaziti podaci i svi edukacijski sadržaji. Učenici će se upoznati s osnovama mjerenja, interpretacijom podataka i preventivnim postupanjima kojima mogu smanjiti vlastitu izloženost onečišćujućim tvarima. Ovakav pristup omogućit će da se teme kvalitete zraka približe učenicima na praktičan i interaktivan način, čime se potiče dugoročno razumijevanje i motivacija za aktivno sudjelovanje. U trenutnoj, početnoj fazi provodi se nabava i priprema za postavljanje senzorskih sustava na 83 lokacije u svim županijama, čime će se omogućiti bolji uvid u prostornu varijabilnost lebdećih čestica, dušikovih oksida i ozona te stvoriti podloga za izradu modela i akcijskih planova vezanih uz lokalnu kvalitetu zraka. Projekt će ujedno ispitati mogućnosti uključivanja građanske znanosti u sustav praćenja kvalitete zraka, što je prvi takav pokušaj na nacionalnoj razini. Očekuje se da će planirane edukacije, dostupnost podataka u realnom vremenu i aktivno sudjelovanje mladih doprinijeti boljem razumijevanju kvalitete zraka te jačanju suradnje između institucija i lokalne zajednice. Time se stvaraju preduvjeti za razvoj novih oblika suradnje između stručnjaka i građana, posebno u lokalnim sredinama gdje je potreba za dodatnim informacijama o kvaliteti zraka izraženija. Uspostava senzorske mreže također će omogućiti školama da prate promjene u kvaliteti zraka u svojoj neposrednoj okolini, što dodatno povećava relevantnost i primjenjivost edukacijskih aktivnosti. Iako je projekt tek započeo, postavlja snažan temelj za razvoj građanske znanosti, popularizaciju okolišnih tema u obrazovnom sustavu i aktivnije uključivanje mladih u praćenje i razumijevanje kvalitete zraka.

Ključne riječi: Citizen Science, edukacijske radionice, lebdeće čestice, senzorski sustavi

Citizen science as a tool for air quality education: Initial steps of a national project

JASMINA RINKOVEC[1], GORDANA PEHNEC[1], SILVIJE DAVILA[1], DARIJO BRZOJA[2], DANICA KRALJEVIĆ[2]

[1] Institute for Medical Research and Occupational Health, Ksaverska cesta 2, Zagreb, Croatia
[2] Croatian Meteorological and Hydrological Service, Ravnice 48, Zagreb, Croatia

Corresponding author: jrinkovec@imi.hr

Abstract

The project "Enhancing Public Knowledge, Understanding and Support for Air Quality – Citizen Science" has been launched with the aim of strengthening public awareness, particularly among young people, about air pollution, its impacts on health, the environment and climate, and the importance of air quality monitoring. In its initial phase, the project focuses on preparing educational activities and establishing a sensor network that will enable students, teachers, and the local community to participate in basic air quality measurements easily. Planned activities include the development of educational materials tailored to different age groups, such as video lessons, a teacher's handbook, infographics, and worksheets. Schools across Croatia will host workshops for students and training sessions for teachers, accompanied by the installation of sensor systems for monitoring particulate matter, nitrogen oxides, and ozone. Schools will also receive laptops and access to a digital platform containing sensor data and all educational resources. Through these activities, students will learn the fundamentals of air quality measurements, data interpretation, and preventive actions that can reduce personal exposure to air pollutants. This approach is expected to make air quality topics more accessible and engaging, encouraging long-term understanding and active participation. In the current start-up phase, the project is focused on the acquisition and preparation of sensor systems that will be installed at 83 locations across all counties, providing a clearer picture of the spatial variability of particulate matter, nitrogen oxides, and ozone. These data will form a basis for future modelling efforts and the development of local air quality action plans. The project will also explore how citizen science can be integrated into the national air quality monitoring system, representing the first initiative of this kind in Croatia. The planned educational activities, real-time data availability, and active involvement of young participants are expected to contribute to better public understanding of air quality and strengthen cooperation between institutions and local communities. This creates opportunities for new forms of collaboration between experts and citizens, particularly in areas where additional air quality information is needed. Establishing a sensor network will also allow schools to track changes in air quality in their immediate surroundings, increasing the relevance and practical value of the educational programme. Although the project is only at its beginning, it lays a strong foundation for the development of citizen science, the popularisation of environmental topics within the education system and the active engagement of young people in understanding and monitoring air quality.

Key words: Citizen Science, educational workshops, particulate matter, sensor systems

Uloga konjogojstva u razvoju ruralnog i konjičkog turizma Slavonije i Baranje

TIHANA RISTIĆ[1], LIVIA SEKEREŠ[2], MIRJANA BABAN[2], PETRA PRLIĆ[2]

[1] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet za odgojne i obrazovne znanosti, Ulica cara Hadrijana 10, Osijek
[2] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Ulica Vladimira Preloga 1, Osijek

Dopisni autor: tihana.ristic@gmail.com

Sažetak

Razvoj ruralnog turizma može potaknuti gospodarsku revitalizaciju seoskih područja, osobito kada se turistička ponuda oslanja na lokalne resurse, tradicijsku baštinu, prirodne posebnosti i aktivno uključivanje lokalnog stanovništva. Posljedično, konjogojstvo ima osobitu važnost jer je na prostoru Slavonije i Baranje stoljećima bilo sastavni dio poljoprivrede, života i lokalnog identiteta. Premda je nekada prvenstveno imalo radnu i gospodarsku funkciju, danas se više povezuje sa sportskim, rekreacijskim, turističkim, i društvenim sadržajima. Duga tradicija uzgoja konja, ergele, konjički klubovi, obiteljska poljoprivredna gospodarstva i manifestacije povezane s konjima čine dobru osnovu za razvoj konjičkog turizma u Slavoniji i Baranji. Ponuda može obuhvaćati rekreativno i terensko jahanje, daljinsko jahanje, škole jahanja, vožnju zapregama, obilaske ergela, obrazovne programe, terapijske aktivnosti te sudjelovanje u tradicijskim događanjima. Obilježavanja svetkovina, blagdana, kulturno-folklorne manifestacije i smotre folklora na području Slavonije i Baranje vrlo često uključuju konje, običaje i tradicijske načine korištenja i uzgoja. Važan doprinos turističkoj ponudi daje Državna ergela lipicanaca Đakovo, u čijem se djelovanju povezuju uzgoj konja, očuvanje lipicanske pasmine, kulturna baština i turizam. Dodatan potencijal ima daljinsko jahanje, disciplina koja sjedinjuje sportske i rekreacijske aktivnosti s boravkom u prirodi. U njegovoj se promociji ističe Konjički klub Hercules iz Baranje, čija je članica nastupala na međunarodnim natjecanjima, među ostalim i na Svjetskom prvenstvu u daljinskom jahanju. Uključivanjem sportskih postignuća u promociju turističkih sadržaja mogla bi se povećati prepoznatljivost regije i privući posjetitelji zainteresirani za aktivan odmor. Potencijal za uvođenje konjičkih sadržaja postoji i na području oko Kopačkog rita, uz uvjet da se provode na posebno predviđenim stazama i u skladu sa zahtjevima zaštite prirode. Jahanje baranjskim krajolikom omogućuje upoznavanje prostora iz drugačije perspektive, povezujući rekreaciju, lokalnu konjičku baštinu i prirodne vrijednosti. Osobito je važan porast zanimanja mladih za uzgoj konja i konjičke sportove. U ruralnim sredinama snažnija integracija mladih u konjogojstvo može pomoći u očuvanju lokalne baštine, potaknuti poduzetničke inicijative i pružiti dodatne razloge za ostanak na tim područjima. Spajanjem konjogojske tradicije s turizmom, sportom i prirodnim posebnostima može se dodatno učvrstiti identitet Slavonije i Baranje, proširiti ruralna turistička ponuda te potaknuti aktivnije sudjelovanje mladih.

Ključne riječi: konjogojstvo, konjički turizam, održivi razvoj, Slavonija i Baranja

The role of horse breeding in the development of rural and equestrian tourism in Slavonia and Baranja

TIHANA RISTIĆ[1], LIVIA SEKEREŠ[2], MIRJANA BABAN[2], PETRA PRLIĆ[2]

[1] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Education, Ulica cara Hadrijana 10, Osijek, Croatia
[2] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Ulica Vladimira Preloga 1, Osijek, Croatia

Corresponding author: tihana.ristic@gmail.com

Abstract

The development of rural tourism can contribute to the economic revitalization of rural areas, particularly when tourism offerings are based on local resources, traditional heritage, natural features, and the active involvement of local communities. In this context, horse breeding is of particular importance, as it has been an integral part of agriculture, everyday life, and local identity in Slavonia and Baranja for centuries. Although horses were formerly used primarily for work and economic purposes, horse breeding is now increasingly associated with sporting, recreational, tourism-related, educational, and social activities. The long-standing tradition of horse breeding, together with stud farms, equestrian clubs, family farms, and horse-related events, provides a strong foundation for the development of equestrian tourism in Slavonia and Baranja. Such tourism offerings may include recreational and trail riding, endurance riding, riding schools, carriage driving, stud farm visits, educational programs, therapeutic activities, and participation in traditional events. Religious celebrations and festivities, cultural and folklore events, and folklore festivals held throughout Slavonia and Baranja frequently involve horses, traditional customs and traditional practices related to horse use and breeding. The affection for and attachment to horses, the care devoted to them, and the desire to present them at various events, irrespective of age, gender, or background, demonstrate their considerable importance and enduring significance within local communities. An important contribution to the regional tourism offering is made by the Đakovo State Stud Farm, whose activities combine horse breeding, the preservation of the Lipizzaner breed, cultural heritage, and tourism. Endurance riding represents an additional area of potential, as it combines sporting and recreational activities with outdoor experiences in natural environments. The Hercules Equestrian Club from Baranja has played a prominent role in promoting this discipline, with one of its members having competed at international events, including the World Endurance Championship. Incorporating sporting achievements into the promotion of tourism products could enhance the visibility of the region and attract visitors interested in active holidays. There is also potential for introducing equestrian activities in the area surrounding Kopački Rit, provided that such activities are conducted along specifically designated trails and in accordance with nature conservation requirements. Horseback riding through the Baranja landscape enables visitors to experience the area from a different perspective, combining recreation with local equestrian heritage and natural values. The growing interest of youth in horse breeding and equestrian sports is particularly significant. In rural communities facing population decline and outmigration, stronger involvement of youth in horse breeding could contribute to the preservation of local heritage, stimulate the development of entrepreneurship, and provide additional incentives for young people to remain in these areas.

By integrating the region's horse-breeding tradition with tourism, sport, and distinctive natural features, the identity of Slavonia and Baranja could be further strengthened, the rural tourism offering diversified, and the active participation of youth encouraged.

Key words: horse breeding, equestrian tourism, sustainable development, Slavonia and Baranja

Rezultati druge godine monitoringa staništa u sklopu aktivnosti projekta LIFE WILDisland

KRISTINA ROMANJEK[1], VEDRAN ŠEGOTA[2], ANTUN ALEGRO[2], ZDENKO TURNIŠKI[3], MARIJA VEREŠ[1], MARIN ŠKORO[1], SONJA KUČERA[1], BORIS BOLŠEC[1], VLATKO ROŽAC[1]

[1] Javna ustanova „Park prirode Kopački rit", Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Bilje
[2] Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Botanički zavod, Marulićev trg 20, Zagreb
[3] Hrvatske šume d.o.o., Ulica kneza Branimira 1, Zagreb

Dopisni autor: kristina.romanjek@pp-kopacki-rit.hr

Sažetak

Projekt LIFE WILDisland usmjeren je na obnovu prioritetnog Natura 2000 stanišnog tipa 91E0* Aluvijalne šume (*Alno-Padion, Alnion incanae, Salicion albae*) uklanjanjem alohtonih nasada euroameričke topole i poticanjem razvoja autohtonih poplavnih šuma na dunavskim otocima. Na području Parka prirode „Kopački rit" restauracijske aktivnosti provode se na otoku Petreš (HR21), a njihov učinak procjenjuje se floističkim i fitocenološkim monitoringom. Cilj istraživanja bio je utvrditi rani odgovor flore i vegetacije na provedene restauracijske zahvate tijekom druge godine monitoringa. Monitoring je proveden na osam trajnih ploha tijekom vegetacijskih sezona 2023. i 2025. godine primjenom standardne Braun-Blanquetove fitocenološke metode. Tijekom 2025. godine na četiri plohe uklonjeni su alohtoni nasadi euroameričke topole, dok su preostale četiri plohe služile kao kontrola. Analizirane su promjene u floističkom sastavu, brojnosti vrsta te pokrovnosti drvenastog, grmolikog i prizemnog sloja vegetacije. U drugoj godini monitoringa zabilježena je 131 vrsta vaskularnih biljaka iz 47 porodica, u odnosu na 57 vrsta iz 34 porodice utvrđenih tijekom početnog istraživanja 2023. godine. Najizraženiji porast broja vrsta zabilježen je na plohama na kojima su uklonjeni alohtoni nasadi euroameričke topole, gdje je broj vrsta udvostručen ili utrostručen kao posljedica povećane osvijetljenosti i otvaranja staništa. Uz karakteristične vrste aluvijalnih šuma pojavile su se brojne heliofilne, ruderalne i močvarne vrste. Istodobno su autohtone vrste drveća i grmlja ostale očuvane, potvrđujući dobar prirodni regeneracijski potencijal istraživanih sastojina. Nakon restauracijskih zahvata zabilježen je očekivan pad pokrovnosti sloja drveća, manji privremeni pad pokrovnosti grmlja te izražen porast pokrovnosti prizemnoga sloja vegetacije. Ujedno je potvrđena prisutnost invazivnih stranih biljnih vrsta koje mogu utjecati na tijek sukcesije i uspješnost obnove staništa. Rezultati pokazuju da uklanjanje alohtonih nasada predstavlja učinkovit prvi korak u obnovi prirodnih aluvijalnih šuma jer potiče povećanje floističke raznolikosti i prirodnu obnovu vegetacije. Istodobno naglašavaju potrebu za dugoročnim monitoringom sukcesijskih procesa te praćenjem širenja invazivnih stranih vrsta kako bi se procijenila uspješnost restauracije i planirale daljnje mjere upravljanja.

Ključne riječi: LIFE WILDisland, aluvijalne šume, Natura 2000, restauracija staništa, flora, monitoring, invazivne strane vrste

Results of the second year of habitat monitoring within activities of the LIFE WILDisland project

KRISTINA ROMANJEK[1], VEDRAN ŠEGOTA[2], ANTUN ALEGRO[2], ZDENKO TURNIŠKI[3], MARIJA VEREŠ1, MARIN ŠKORO[1], SONJA KUČERA[1], BORIS BOLŠEC[1], VLATKO ROŽAC[1]

[1] Public Institution Kopački rit Nature Park, Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Croatia
[2] University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Biology, Division of Botany, Marulićev trg 20, Zagreb, Croatia
[3] Croatian Forests Ltd., Ulica kneza Branimira 1, Zagreb, Croatia

Corresponding author: kristina.romanjek@pp-kopacki-rit.hr

Abstract

The LIFE WILDisland project aims to restore the priority Natura 2000 habitat type 91E0* Alluvial forests (*Alno-Padion, Alnion incanae, Salicion albae*) by replacing non-native Euro-American poplar plantations with native floodplain forests on Danube islands. In Kopački Rit Nature Park, restoration measures are being implemented on Petreš Island (HR21), while their effectiveness is evaluated through floristic and phytocoenological monitoring. The objective of this study was to assess the early floristic and vegetation response to restoration measures during the second year of monitoring. Vegetation monitoring was conducted on eight permanent plots during the 2023 and 2025 growing seasons using the standard Braun-Blanquet phytocoenological method. In 2025, non-native Euro-American poplar plantations were removed from four plots, while the remaining four plots served as controls. Changes in species richness, floristic composition, and vegetation cover within the tree, shrub, and herb layers were analysed. During the second monitoring year, 131 vascular plant species belonging to 47 families were recorded, compared to 57 species from 34 families documented in the baseline survey conducted in 2023. The greatest increase in species richness occurred on restored plots, where the number of species doubled or even tripled following canopy opening and increased light availability. Alongside characteristic alluvial forest species, numerous heliophilous, ruderal and wetland species were recorded. Native tree and shrub species remained preserved, demonstrating a favourable natural regeneration potential of the restored stands. Restoration resulted in the expected reduction of tree-layer cover, a slight temporary decline in shrub cover, and a marked increase in herb-layer cover. The occurrence of invasive alien plant species was also confirmed, indicating their potential influence on successional processes and restoration success. The results demonstrate that the removal of non-native poplar plantations represents an effective first step towards the restoration of native alluvial forests by promoting natural vegetation recovery and increasing floristic diversity. At the same time, they highlight the importance of long-term monitoring of vegetation dynamics and invasive alien species to evaluate restoration success and support future management decisions.

Key words: LIFE WILDisland, alluvial forests, Natura 2000, habitat restoration, flora, monitoring, invasive alien species

Bioakustički monitoring u projektu „WatchOut“ kao potpora monitoringu ornitofaune Parka prirode „Kopački rit“

VLATKO ROŽAC[1], MARIJA VEREŠ[1], MARIN ŠKORO[1], BORIS BOLŠEC[1], KRISTINA ROMANJEK[1], SONJA KUČERA[1], IVANA MAJIĆ[2], SINIŠA OZIMEC[2], IVAN PLAŠČAK[2], ANKICA SARAJLIĆ[2], HELENA EREŠ[2], DENIS DEŽE[2], IVO BAŠIĆ[1]

[1] Javna ustanova „Park prirode Kopački rit“, Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Bilje
[2] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Ulica Vladimira Preloga 1, Osijek

Dopisni autor: vlatko.rozac@pp-kopacki-rit.hr

Sažetak

Poplavne doline velikih rijeka poput Kopačkog rita spadaju među najdinamičnije i najugroženije ekosustave na svijetu. Njihove karakteristike često su povremene disturbancije zbog izmjene poplava i suša. One su jedan od glavnih pokretača velike bioraznolikosti. Postoje i drugi čimbenici, poput: stalnog dotoka hranjivih tvari koje donose rijeke, mozaik staništa s jakim utjecajem efekta ruba staništa, i dr. Praćenje ima ključnu ulogu u održivom i prilagodljivom upravljanju takvim osjetljivim i dinamičnim ekosustavom. Stoga je komponenta ornitofaune ključni pokazatelj zbog brze reakcije i prilagodbe ptica promjenama staništa. Druga ključna komponenta monitoringa također je učinkovitost. Bioakustički monitoring u projektu WatchOut pokazao se kao visoko učinkovit monitoring ornitofaune. U usporedbi sa standardnim monitoringom, on pruža veliku količinu podataka prikupljenih terenskim naporima. Tako je primjerice, u drugom krugu postavljanja bioakustičkih uređaja, srpanj-kolovoz, 2025. snimljeno 14.385,6 sati materijala, na 85 lokacija koje pokrivaju 1.092,72 ha. Terenski napor iznosio je 42,5 osoba-dana, a zabilježeno je glasanje 224 vrste ptica od kojih je 35 vrsta dvojbeno. S druge strane, prilikom standardnog monitoringa ornitofaune u istom periodu, koji je trajao 72 sata, na 34 linearnih transekata pokriveno je 5.891,708 ha. Terenski napor iznosio je 24 osoba-dana, a zabilježeno je 84 vrste ptica. Zaključno možemo tvrditi da bioakustički monitoring ornitofaune još uvijek ne može zamijeniti standardni zbog ograničenja parametara prikupljenih podataka. Do sada je bioakustički monitoring mogao isporučiti podatke poput prisutnosti vrsta, distribucije, disperzije, gniježđenja i razdoblja migracije. Budući da bioakustički monitoring u projektu WatchOut predstavlja pilot monitoring, postoje određeni zaključci za poboljšanja, kako bi se parametri poput brojnosti i gustoće također mogli mjeriti. Također je važno istaknuti da svrha nije zamijeniti standardni monitoring ornitofaune, već unaprijediti učinkovitost i kvalitetu podataka za preciznije zaključke za održivo i prilagodljivo upravljanje zaštićenim područjima.

Ključne riječi: Kopački rit, bioakustički monitoring, upravljanje zaštićenim područjem

Zahvala: Istraživanje je provedeno u sklopu projekta *Wetland and Wildlife Monitoring Using Technology and Acoustics* (WatchOut) (2022.-2026.) uz potporu tvrtke Huawei Technologies d.o.o. u okviru programa TECH4ALL Nature Guardian.

Bioacoustic monitoring in the "WatchOut" Project as support for ornithofauna monitoring in Kopački rit Nature Park

VLATKO ROŽAC[1], MARIJA VEREŠ[1], MARIN ŠKORO[1], BORIS BOLŠEC[1], KRISTINA ROMANJEK[1], SONJA KUČERA[1], IVANA MAJIĆ[2], SINIŠA OZIMEC[2], IVAN PLAŠČAK[2], ANKICA SARAJLIĆ[2], HELENA EREŠ[2], DENIS DEŽE[2], IVO BAŠIĆ[1]

[1] Public Institution Kopački rit Nature Park, Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Bilje, Croatia
[2] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Ulica Vladimira Preloga 1, Osijek, Croatia

Corresponding author: vlatko.rozac@pp-kopacki-rit.hr

Abstract

Big river floodplains like Kopački rit are among the most dynamic and endangered ecosystems globally. Their characteristics are often periodic disturbances due the exchanges of floods and droughts. That is one of the main drivers of high biodiversity. There are others like: constant inflow of the nutrients that are brought by the rivers, mosaic habitats with high impact of the habitat edge effect, etc. Monitoring has a crucial role in sustainable and adaptive management of such a sensitive and dynamic ecosystem. Therefore, the ornithofauna component is the key indicator due to fast reaction and adaptation of birds on the habitat changes. The other key component of the monitoring is also efficiency. Bioacoustic monitoring in the WatchOut project proved to be highly efficient in ornithofauna monitoring. For example, in a second round of bioacoustic device installation, July-August 2025, 14.385,6 hours of material were recorded, at 85 locations covering 1.092,72 ha. The field effort amounted to 42.5 person-days, and the sounds of 224 bird species were recorded, of which 35 species are doubtful. On the other hand, during the standard monitoring of ornithofauna in the same period, which lasted 72 hours, 5.891,708 ha were covered on 34 linear transects. The field effort amounted to 24 person-days, and 84 species of birds were recorded. In conclusion, we can claim that bioacoustic monitoring of ornithofauna still cannot replace the standard one due to the limitations of the parameters of the collected data. So far, bioacoustic monitoring could provide data like species presence, distribution, dispersion, nesting and migration periods. As the bioacoustic monitoring in the WatchOut project represents pilot monitoring, there are some conclusions for improvements, so the parameters like abundance and density could also be measured. It is also important to point out that its purpose is not to replace standard ornithofuna monitoring, but to improve the efficiency and data quality to perform more precisely conclusions for the sustainable and adaptive protected area management.

Key words: Kopački rit, bioacoustic monitoring, protected area management

Acknowledgment: This research was conducted as part of the project *Wetland and Wildlife Monitoring Using Technology and Acoustics* (WatchOut) (2022–2026), supported by Huawei Technologies Ltd. within the TECH4ALL Nature Guardian programme.

Utjecaj natrijeva selenita na rast gljive *Ophiostoma novo-ulmi* i njezin potencijal za sintezu nanočestica selena

VEDRAN RUŠEC[1]*, IVNA ŠTOLFA ČAMAGAJEVAC[1], LJILJANA KRSTIN[1], VLATKA GVOZDIĆ[2], ELVIRA KOVAČ-ANDRIĆ[2], ZORANA KATANIĆ[1]

[1] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek (*student)
[2] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek

Dopisni autor: zkatanic@biologija.unios.hr

Sažetak

Ophiostoma novo-ulmi je gljiva mješinarka odgovorna za holandsku bolest brijesta, jednu od najdestruktivnijih bolesti stabala brijesta. Međutim, nedavna istraživanja pokazala su da se ova fitopatogena gljiva može koristiti u biosintezi nanočestica srebra te stoga pokazuje potencijal kao vrijedan biotehnološki resurs. Biosinteza nanočestica ekološki je prihvatljiv pristup koji koristi biološke materijale za proizvodnju i stabilizaciju nanočestica. U usporedbi s kemijskom ili fizičkom sintezom, ovaj pristup smatra se održivijom alternativom te potencijalno može proizvesti nanočestice s povećanom stabilnošću i specifičnom biološkom aktivnošću. Gljive mogu posredovati sintezu nanočestica i unutarstaničnim i izvanstaničnim procesima. Cilj ovog istraživanja bio je procijeniti odgovor *O. novo-ulmi* na rast na podlozi s natrijevim selenitom (Na_2SeO_3) te njezin potencijal za sintezu nanočestica selena (SeNP). Rast gljive mjeren je na MEA (malt extract agar) hranjivoj podlozi u koju je dodan Na_2SeO_3 u koncentracijama od 0 mM (kontrola) do 25 mM, nakon čega je proveden pokus praćenja mogućnosti oporavka nakon tretmana na podlogama bez Na_2SeO_3. Rast je u potpunosti inhibiran pri koncentraciji od 0,5 mM i višim koncentracijama, ali inhibitorni učinak Na_2SeO_3 bio je reverzibilan pri svim testiranim uvjetima. Unutarstanična sinteza SeNP nije dokazana. Nasuprot tome, rezultati pokazuju potencijal za sintezu SeNP koristeći vodeni ekstrakt micelija gljive. Vodeni ekstrakt micelija gljive *O. novo-ulmi* pomiješan je s Na_2SeO_3, a askorbinska kiselina dodana je kao dodatni reducens. Kontrolna reakcija sastojala se od Na_2SeO_3 i askorbinske kiseline bez dodatka ekstrakta kako bi se mogao procijeniti doprinos vodenog ekstrakta gljive u redukciji selenitnih iona. Pojava karakteristične crvene boje ukazala je na redukciju selenitnih iona i formiranje elementarnog selena u uzorcima koji su sadržavali gljivični ekstrakt. Nastale čestice karakterizirane su UV-Vis spektroskopijom, infracrvenom spektroskopijom s Fourierovom transformacijom (FT-IR) te rendgenskom difrakcijom na prahu (PXRD). Rezultati PXRD ukazali su na pretežito amorfnu prirodu nastalih čestica selena, a FT-IR analiza ukazala je na prisutnost biomolekula gljive koje imaju potencijalno stabilizirajuću ulogu. Ovo istraživanje pokazalo je snažnu, ali reverzibilnu inhibiciju rasta *O. novo-ulmi* uzrokovanu Na_2SeO_3 te ukazalo na potencijal ekstrakta micelija gljive kao biološke komponente u sintezi nanočestica selena.

Ključne riječi: inhibicija rasta, stopa rasta micelija, SeNP, patogen holandske bolesti brijesta

Effects of sodium selenite on the growth of the fungus *Ophiostoma novo-ulmi* and its potential for selenium nanoparticle synthesis

VEDRAN RUŠEC[1]*, IVNA ŠTOLFA ČAMAGAJEVAC[1], LJILJANA KRSTIN[1], VLATKA GVOZDIĆ[2], ELVIRA KOVAČ-ANDRIĆ[2], ZORANA KATANIĆ[1]

[1] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia (*student)
[2] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Chemistry, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia

Corresponding author: zkatanic@biologija.unios.hr

Abstract
Ophiostoma novo-ulmi is an ascomycete fungus responsible for Dutch elm disease, one of the most destructive diseases of elm trees. However, recent research has demonstrated that this phytopathogen can be used for the biosynthesis of silver nanoparticles and therefore shows potential as a valuable biotechnological resource. Biosynthesis of nanoparticles is a green synthesis approach that uses biobased materials to produce and stabilize nanoparticles. Compared with chemical or physical synthesis, this approach is considered a more sustainable alternative and can potentially produce nanoparticles with enhanced stability and specific biological activities. Fungi can mediate nanoparticle synthesis through both intracellular and extracellular processes. The aim of this study was to evaluate the growth response of *O. novo-ulmi* to sodium selenite (Na_2SeO_3) and its potential for the synthesis of selenium nanoparticles (SeNPs). Fungal growth was assessed on malt extract agar (MEA) supplemented with Na_2SeO_3 at concentrations ranging from 0 (control) to 25 mM, followed by a recovery experiment on selenite-free MEA plates. Growth was completely inhibited at concentrations of 0.5 mM and above, but the inhibitory effect of Na_2SeO_3 was reversible under all tested conditions. No clear evidence of intracellular SeNP formation was obtained. In contrast, the results indicated the potential for SeNP synthesis using a fungal mycelial extract. An aqueous extract prepared from *O. novo-ulmi* mycelium was mixed with Na_2SeO_3, and ascorbic acid was added as a supplementary reducing agent. A control reaction containing Na_2SeO_3 and ascorbic acid without fungal extract was included to evaluate the contribution of the fungal extract to the reduction. The development of a characteristic red coloration indicated the reduction of selenite and the formation of elemental selenium in samples containing fungal extract. The resulting particles were characterized by ultraviolet–visible (UV–Vis) spectroscopy, Fourier-transform infrared (FT-IR) spectroscopy, and powder X-ray diffraction (PXRD). PXRD indicated the predominantly amorphous nature of the resulting selenium particles, while FT-IR analysis suggested the presence of fungal biomolecules potentially involved in their stabilization. Overall, this study demonstrates strong but reversible growth inhibition of *O. novo-ulmi* by Na_2SeO_3 and indicates the potential of its mycelial extract for the biological synthesis of SeNPs.

Key words: growth inhibition, mycelial growth rate, SeNPs, Dutch elm disease pathogen

Poboljšano upravljanje Parkom prirode "Lonjsko polje"

MAJA SABLJAK, DRAŽEN IVAŠTINOVIĆ, INES MIANI

Javna ustanova „Park prirode Lonjsko polje", Krapje 16, Jasenovac

Dopisni autor: drazen@pp-lonjsko-polje.hr

Sažetak

Javna ustanova "Park prirode Lonjsko polje" započela je provedbu projekta „Poboljšano upravljanje Parkom prirode Lonjsko polje", koji se financira iz Programa „Konkurentnost i kohezija" u financijskom razdoblju 2021.–2027. Cilj projekta je unaprijediti upravljanje zaštićenim područjem, obnoviti vrijedna travnjačka, pašnjačka, močvarna i vodena staništa te pridonijeti očuvanju bioraznolikosti. Park prirode "Lonjsko polje" jedno je od najvećih i najvrjednijih poplavnih područja dunavskog sliva. Posebnu vrijednost prostoru daju poplavne šume hrasta lužnjaka i poljskog jasena, prostrani vlažni pašnjaci, tradicionalne nastambe te brojni rukavci, bare i vlažne livade. Područje je od iznimne važnosti za očuvanje ptica te je dio ekološke mreže Natura 2000 i Ramsarskog popisa vlažnih staništa od međunarodnog značaja. Jedan od najvećih izazova u očuvanju prirodnih vrijednosti predstavlja zarastanje travnjačkih i pašnjačkih staništa. Sukcesijom se smanjuju površine otvorenih staništa važnih za brojne biljne i životinjske vrste, uključujući kosca. Dodatni problem predstavlja širenje invazivnih stranih vrsta, osobito čivitnjače (*Amorpha fruticosa*), koja značajno mijenja strukturu i funkciju staništa. Posebno su ugroženi ornitološki rezervati Krapje Đol i Rakita, gdje promjene vodnog režima, sukcesija i invazivne vrste negativno utječu na močvarna staništa i ptice. Projektom je planirana obnova ukupno 500 hektara zaraslih travnjaka i pašnjačkih staništa mehaničkim uklanjanjem invazivnih biljnih vrsta. Nakon obnove površine će se uključiti u održivo pašarenje u suradnji s lokalnim stočarima, čime će se dugoročno spriječiti njihovo ponovno zarastanje. Očekuje se pozitivan učinak i na očuvanje dodatnih približno 3.000 hektara povezanih travnjačkih i pašnjačkih staništa. U ornitološkim rezervatima Krapje Đol i Rakita provest će se aktivnosti usmjerene na poboljšanje stanišnih uvjeta. Za poboljšanje vodnog režima Krapje Đola planirana je nabava mobilne pumpe velikog kapaciteta koja će omogućiti dopremu vode iz rijeke Save prema potrebi. Projekt uključuje i istraživanja te praćenje stanja ptica, staništa i drugih skupina životinja, kao i nabavu potrebne mehanizacije i opreme, uključujući traktor snage 220 KS, malčer, prikolicu za gorivo, pumpu s agregatom, prikolicu za prijevoz opreme i električne pastire. Predviđene su i edukacije djelatnika, lokalne zajednice, suradnika i partnera. Provedbom projekta unaprijedit će se upravljanje Parkom prirode "Lonjsko polje", očuvati prirodne vrijednosti i bioraznolikost, ojačati suradnja s lokalnom zajednicom te povećati otpornost ekosustava na klimatske promjene.

Ključne riječi: zarastanje, pašnjačka i travnjačka staništa, obnova, ispaša, Krapje Đol, Rakita, istraživanja

Improved management of Lonjsko Polje Nature Park

MAJA SABLJAK, DRAŽEN IVAŠTINOVIĆ, INES MIANI

Public Institution Lonjsko Polje Nature Park, Krapje 16, Jasenovac, Croatia

Corresponding author: drazen@pp-lonjsko-polje.hr

Abstract

Lonjsko Polje Nature Park Public Institution has begun the implementation of Improved management of Lonjsko Polje Nature Park project, which is funded from „Competitiveness and Cohesion Program" 2021.-2027. The project objective is improving the management of protected area, restoring valuable grassland, pasture, wetland and aquatic habitats and contribution to the preservation of biodiversity. Lonjsko Polje Nature Park is one of the biggest and most valuable flooded areas of the Danube basin. Flooded pedunculate oak and narrow-leaved ash floodplain forests, spacious wet pastures, traditional dwellings and numerous oxbows, ponds and wet meadows give a special value to the Park. This area is of extreme importance for the preservation of birds and is a part of Natura 2000 and The Convention on Wetlands of International Importance. One of the biggest challenges in preserving natural values is the overgrowth of grassland and pasture habitats. Ecological succession reduces the area of open habitats that are vital for numerous plant and animal species, including the corncrake. The spread of invasive alien species, particularly false indigo bush (*Amorpha fruticosa*), which significantly alters habitat structure and function, poses an additional problem. The Krapje Đol and Rakita ornithological reserves are particularly at risk, as changes in water regimes, succession, and invasive species negatively impact wetland habitats and bird populations. The project plans to restore a total of 500 hectares of overgrown grassland and pasture habitats by mechanically removing invasive plant species. Following restoration, these areas will be incorporated into sustainable grazing practices in cooperation with local livestock farmers, thereby preventing them from becoming overgrown again in the long term. A positive impact is, also, expected regarding the conservation of an additional 3,000 hectares of connected grassland and pasture habitats. In the Krapje Đol and Rakita ornithological reserves, activities aimed at improving habitat conditions will be carried out. In order to improve the water regime of Krapje Đol, the purchase of a large-capacity mobile pump is planned, which will enable the delivery of water from the Sava River, as needed. The project, also, includes research and monitoring of the status of birds, habitats and other animal groups, as well as the purchase of necessary machinery and equipment, including a 220 HP tractor, a mulcher, a fuel trailer, a pump with a generator unit, an equipment transport trailer and electric fencing systems. Training sessions for staff, the local community, collaborators, and partners are also planned. Implementation of the project will improve the management of Lonjsko Polje Nature Park, preserve natural values and biodiversity, strengthen cooperation with the local community and increase ecosystem resilience to climate change.

Key words: overgrowth, pasture and grassland habitats, restoration, pasture, Krapje Đol, Rakita, researches

Suvremeni pristupi istraživanju funkcionalne bioraznolikosti vinogradarskih agroekosustava

ANKICA SARAJLIĆ, SINIŠA OZIMEC, ZLATKO PUŠKADIJA, IVANA MAJIĆ, MARIN KOVAČIĆ, HELENA EREŠ, DENIS DEŽE, MATO DRENJANČEVIĆ

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Ulica Vladimira Preloga 1, Osijek

Dopisni autor: sankica@fazos.hr

Saţetak

Vinogradarski agroekosustavi sloţeni su sustavi u kojima interakcije između vinove loze, prateće vegetacije i entomofaune oblikuju njihovu ekološku stabilnost, zdravstveno stanje i produktivnost. Projekt „Ekološka i epidemiološka uloga cikada (Auchenorrhyncha) i kukaca oprašivača u vinogradarskim ekosustavima: integracija pametnih tehnologija i funkcionalne bioraznolikosti" (EKOVINTEH) obuhvaća istraživanje raznolikosti cikada uz poseban naglasak na potencijalne vektore fitoplazmi, inventarizaciju floističkog sastava i stanišnih tipova te proučavanje uloge kukaca oprašivača u oprašivanju vinove loze. Istraživanje cikada obuhvaća utvrđivanje njihove raznolikosti, prostorne i vremenske dinamike te prepoznavanje vrsta od potencijalnog epidemiološkog značaja. Primjenom pametnih klopki i njihovom usporedbom s konvencionalnim metodama monitoringa procijenit će se mogućnosti digitalnih tehnologija za učinkovitije praćenje populacija kukaca i pravodobno prepoznavanje fitosanitarnih rizika. Karakterizacija flore i staništa omogućit će povezivanje strukture i raznolikosti vegetacije sa zajednicama cikada i oprašivača. Posebna pozornost usmjerena je na biljke koje mogu predstavljati alternativne domaćine potencijalnim vektorima i rezervoare fitoplazmi, ali istodobno osiguravati pelud i nektar kukcima oprašivačima. Vaţan segment projekta predstavlja eksperimentalno istraživanje uloge medonosne pčele u oprašivanju stolnih sorata vinove loze. Usporedbom različitih reţima dostupnosti oprašivača procijenit će se njihov utjecaj na uspješnost oplodnje i formiranje prinosa, uz praćenje sastava i strukture zajednice oprašivača, meteoroloških uvjeta i sortnih specifičnosti. Palinološkom analizom utvrdit će se zastupljenost peludi vinove loze u peludu koji prikupljaju medonosne pčele, dok će se učinci različitog intenziteta oprašivanja vrednovati kroz morfološke i fizikalne pokazatelje prinosa te kemijske pokazatelje kvalitete mošta.Rezultati će također omogućiti izdvajanje vrsta kukaca vaţnih za daljnje praćenje te procjenu povezanosti njihove pojavnosti s obiljeţjima vegetacije, razdobljem uzorkovanja i načinom upravljanja vinogradom. Time će se jasnije odrediti značaj pojedinih bioloških skupina vinogradarskog agroekosustava i njihova uloga u očuvanju njegove bioraznolikosti. Projektom se nastoji uspostaviti cjeloviti pristup razumijevanju vinograda kao funkcionalnog agroekosustava. Povezivanjem dobivenih rezultata omogućit će se bolje razumijevanje procesa koji oblikuju vinogradarski agroekosustav te pruţiti znanstvena osnova za razvoj preciznijih i održivih pristupa upravljanju vinogradima.

Ključne riječi: Auchenorrhyncha, vektori, digitalni monitoring; oprašivači, flora i staništa, vinova loza

Zahvala: Projekt „Ekološka i epidemiološka uloga cikada (Auchenorrhyncha) i kukaca oprašivača u vinogradarskim ekosustavima: integracija pametnih tehnologija i funkcionalne bioraznolikosti"(EKOVINTEH) financiran je sredstvima Europske unije - NextGenerationEU (broj: 581-UNIOS-21).

Exploring functional biodiversity in vineyard agroecosystems: Contemporary approaches

ANKICA SARAJLIĆ, SINIŠA OZIMEC, ZLATKO PUŠKADIJA, IVANA MAJIĆ, MARIN KOVAČIĆ, HELENA EREŠ, DENIS DEŽE, MATO DRENJANČEVIĆ

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Ulica Vladimira Preloga 1, Osijek, Croatia

Corresponding author: sankica@fazos.hr

Abstract

Vineyard agroecosystems are complex systems in which interactions among grapevines, vegetation, and entomofauna shape the ecological stability, plant health, and productivity. The project "Ecological and Epidemiological Role of Auchenorrhyncha and Pollinating Insects in Vineyard Ecosystems: Integration of Smart Technologies and Functional Biodiversity" (EKOVINTEH) comprises research on Auchenorrhyncha diversity, with an emphasis on potential phytoplasma vectors, the inventory of floristic composition and habitat types, and the role of pollinating insects in grapevine pollination. Research on Auchenorrhyncha encompasses the diversity assessment, spatiotemporal dynamics and the identification of species of potential epidemiological importance. Smart traps will be evaluated against conventional monitoring methods to assess the potential of digital technologies for more efficient insect population surveillance and the identification of phytosanitary risks. The characterization of vineyard flora and habitats will enable links between vegetation characteristics and the communities of Auchenorrhyncha and pollinators. Particular attention will be given to plant species that serve as alternative hosts for potential vectors and as phytoplasma reservoirs while simultaneously providing pollen and nectar for pollinating insects. An important topic is the experimental investigation of the role of honey bees in the pollination of table grape cultivars. Different pollinator-access regimes will be compared to evaluate their effects on fertilization success and yield formation, regarding the pollinator community composition and structure, meteorological conditions, and cultivar-specific characteristics. Palynological analysis will be used to determine the share of grapevine pollen in pollen collected by honey bees. The effects of different pollination intensities will be evaluated using morphological and physical yield parameters and chemical indicators of must quality. The results will enable the identification of insect species relevant to future monitoring and the assessment of relationship between their occurrence and vegetation characteristics, sampling periods, and vineyard management practices. This will provide a better understanding of the importance of individual biological groups within functional vineyard agroecosystems. The integration of the results will improve understanding of the processes shaping vineyard agroecosystems and provide a scientific basis for developing more precise and sustainable vineyard management approaches.

Key words: Auchenorrhyncha, vectors, digital monitoring, pollinators, flora and habitats, grapevine

Acknowledgement: Project "Ecological and Epidemiological Role of Auchenorrhyncha and Pollinating Insects in Vineyard Ecosystems: Integration of Smart Technologies and Functional Biodiversity" (EKOVINTEH) is granted by the European union-NextGenerationEU (Grant number: 581-UNIOS-21).

Utjecaj energetske obnove zgrade Odjela za fiziku i Fakulteta primijenjene matematike i informatike na koncentraciju radona

DENIS STANIĆ, MARINA POJE SOVILJ, IGOR MIKLAVČIĆ, ANA PAVLAČIĆ, BRUNO KOVAČ, VANJA RADOLIĆ

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za fiziku, Trg Ljudevita Gaja 6, Osijek

Dopisni autor: dstanic@fizika.unios.hr

Sažetak

Radon je radioaktivni kemijski element koji u plinovitom stanju izlazi iz tla i građevinskog materijala te se može nakupljati u zatvorenim prostorima i uzrokovati zdravstvene probleme za stanovništvo. Prema Svjetskoj zdravstvenoj organizaciji (WHO), radon je drugi najčešći uzročnik karcinoma pluća u svijetu, odmah nakon pušenja. Energetska obnova zgrada, koja između ostalog obuhvaća zamjenu stolarije te izradu toplinske ovojnice oko zgrade, smanjuje prirodnu ventilaciju kroz građevinski materijal i time dovodi do porasta koncentracije radona u zatvorenim prostorima. Kao primjer ovakvog učinka prikazani su rezultati mjerenja koncentracije radona u zgradi Odjela za fiziku i Fakulteta primijenjene matematike i informatike, prije i nakon zamjene drvene stolarije (prozora) plastičnom. Rezultati mjerenja prije energetske obnove zgrade na Odjelu za fiziku dali su srednju vrijednost koncentracije radona s pripadnom standardnom devijacijom, c = (44 ± 16) Bq/m^3 uz minimalnu i maksimalnu koncentraciju u rasponu od 10 do 164 Bq/m^3. Na Fakultetu primijenjene matematike i informatike srednja koncentracija radona iznosila je c = (81 ± 29) Bq/m^3 uz minimalnu i maksimalnu koncentraciju u rasponu od 30 do 177 Bq/m^3. Nakon zamjene stolarije koncentracije su značajno porasle. Na Odjelu za fiziku srednja vrijednost koncentracije radona iznosila je c = (143 ± 51) Bq/m^3 uz minimalnu i maksimalnu koncentraciju u rasponu od 71 do 257 Bq/m^3, dok je na Fakultetu primijenjene matematike i informatike srednja koncentracija radona iznosila c = (263 ± 94) Bq/m^3 u rasponu od 100 do 629 Bq/m^3. Na obje institucije srednja vrijednosti koncentracije radona porasla je oko 3,25 puta. Mjerenja su pokazala da je u nekoliko prostorija Fakulteta primijenjene matematike i informatike koncentracija radona prešla referentnu vrijednost od 300 Bq/m^3 što upućuje na potrebu smanjenje koncentracije radona u nekim prostorijama. Ovaj izolirani primjer utjecaja energetske obnove zgrade na koncentraciju radona ukazuje na potrebu praćenja i mjerenja iste nakon svakog građevinskog zahvata koji može utjecati na porast koncentracije radona u zgradi, s ciljem zaštite zdravlja korisnika prostora.

Ključne riječi: radon, energetska obnova, zdravstveni rizik

Impact of the energy renovation of the building of the Department of Physics and the Faculty of Applied Mathematics and Informatics on indoor radon concentration

DENIS STANIĆ, MARINA POJE SOVILJ, IGOR MIKLAVČIĆ, ANA PAVLAČIĆ, BRUNO KOVAČ, VANJA RADOLIĆ

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Physics, Trg Ljudevita Gaja 6, Osijek, Croatia

Corresponding author: dstanic@fizika.unios.hr

Abstract

Radon is a radioactive chemical element that emanates from soil and building materials and can accumulate in enclosed spaces, posing potential health risks to occupants. According to the World Health Organization (WHO), radon is the second leading cause of lung cancer worldwide, immediately after smoking. Energy renovation of buildings, including window replacement and installation of thermal insulation, reduces natural ventilation through building materials and can therefore lead to an increase in indoor radon concentration. This study presents the results of radon concentration measurements conducted in the building of the Department of Physics and the Faculty of Applied Mathematics and Informatics before and after the replacement of wooden windows with PVC ones. Prior to energy renovation, the Department of Physics exhibited an average radon concentration of c = (44 ± 16) Bq/m³, with minimum and maximum values ranging from 10 to 164 Bq/m³. At the School of Applied Mathematics and Informatics, the average concentration was c = (81 ± 29) Bq/m³, with values between 30 and 177 Bq/m³. After window replacement, radon concentrations increased significantly. At the Department of Physics, the average concentration rose to c = (143 ± 51) Bq/m³ (range 71–257 Bq/m³), while at the School of Applied Mathematics and Informatics it reached c = (263 ± 94) Bq/m³ (range 100–629 Bq/m³). On both sites, the average radon concentration increased by a factor of 3.25. In several rooms of the Faculty of Applied Mathematics and Informatics, radon levels exceeded the reference value of 300 Bq/m³, indicating the need for radon remediation in some rooms. This isolated example of the impact of energy renovation on indoor radon concentration highlights the importance of systematic monitoring and measurement of radon after any construction intervention that may affect building ventilation, with the aim of protecting human health.

Key words: radon, energy renovation, health risk

S manje invazivnih vrsta – očuvanje prioritetnih staništa Parka prirode "Kopački rit" uklanjanjem invazivnih vrsta

MARIN ŠKORO, KRISTINA ROMANJEK, MARIJA VEREŠ, SONJA KUČERA, BORIS BOLŠEC, VLATKO ROŽAC

Javna ustanova „Park prirode Kopački rit", Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Bilje

Dopisni autor: marin.skoro@pp-kopacki-rit.hr

Sažetak

Invazivne strane biljne vrste među najvećim su prijetnjama očuvanju biološke raznolikosti i funkcionalnosti prirodnih ekosustava. Najznačajnije invazivne vrste u Parku prirode "Kopački rit" su amorfa (*Amorpha fruticosa*) i prava svilenica (*Asclepias syriaca*), koje svojim intenzivnim širenjem narušavaju strukturu i sastav autohtone vegetacije te ugrožavaju očuvanost Natura 2000 staništa. Projekt „S manje invazivnih vrsta" usmjeren je na sustavno suzbijanje ovih vrsta, obnovu vrijednih staništa te uspostavu dugoročnog sustava praćenja njihove rasprostranjenosti i učinkovitosti provedenih mjera. Amorfa je u Kopačkom ritu najraširenija u južnom dijelu Posebnog zoološkog rezervata, osobito uz šumske putove koji predstavljaju koridore njezina širenja prema poplavnim travnjacima stanišnog tipa 6440 (*Cnidion dubii*), jednom od najvrjednijih i najugroženijih travnjačkih staništa u Republici Hrvatskoj. Prava svilenica najzastupljenija je na košenim livadama područja Venecije i Kompleksa dvorca Tikveš, gdje pokazuje izražen potencijal daljnjeg širenja. Projekt obuhvaća uklanjanje amorfe na ukupno 12 ha, primjenom selektivnih mehaničkih metoda. Na rubovima šuma i uz putove provodit će se košnja i rezanje trimerima i motornim pilama, dok će se na otvorenim livadnim površinama uklanjati i nadzemni i podzemni dijelovi biljaka. Sav uklonjeni biljni materijal bit će zbrinut kompostiranjem. Suzbijanje prave svilenice provodit će se na ukupno 18 ha višekratnim malčiranjem svakih 2–3 tjedna tijekom vegetacijske sezone, čime će se iscrpljivati podzemne rezerve biljaka i onemogućiti njihovo daljnje širenje, uz očuvanje autohtone livadne vegetacije. Projekt uključuje utvrđivanje početne rasprostranjenosti invazivnih vrsta u prvoj godini provedbe, kontinuirani monitoring tijekom provedbe te završnu procjenu učinkovitosti provedenih mjera. Monitoring provodi vanjski stručnjak, a Javna ustanova nastavit će praćenje i nakon završetka projekta radi dugoročne kontrole invazivnih populacija. Kao potpora provedbi planirana je nabava specijalizirane opreme, uključujući traktor s malčerom i prikolicom, motorne i akumulatorske pile, motorne kose, akumulatorske škare, čime će se povećati učinkovitost budućih aktivnosti upravljanja invazivnim vrstama. Projekt također uključuje provedbu edukativnih i promotivnih aktivnosti usmjerenih prema lokalnom stanovništvu i posjetiteljima. Očekivani rezultati uključuju zaustavljanje širenja amorfe na ciljanim travnjacima, smanjenje njezine pokrovnosti na 20 % ili manje u odnosu na početno stanje te smanjenje pokrovnosti prave svilenice na manje od 10 % na ciljanim lokalitetima. Projekt će doprinijeti obnovi autohtone vegetacije, očuvanju prioritetnih Natura 2000 staništa te predstavljati primjer dobre prakse aktivnog upravljanja invazivnim stranim vrstama u poplavnim ekosustavima.

Ključne riječi: invazivne vrste, *Amorpha fruticosa*, *Asclepias syriaca*, Natura 2000, upravljanje staništima, Kopački rit

Fewer invasive species – conservation of priority habitats in Kopački rit Nature Park through the removal of invasive alien species

MARIN ŠKORO, KRISTINA ROMANJEK, MARIJA VEREŠ, SONJA KUČERA, BORIS BOLŠEC, VLATKO ROŽAC

Public Institution Kopački Rit Nature Park, Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Bilje, Croatia

Corresponding author: marin.skoro@pp-kopacki-rit.hr

Abstract

Invasive alien plant species make threats to biodiversity conservation and the functioning of natural ecosystems. In Kopački rit Nature Park, two of the most problematic invasive species are false indigo bush (*Amorpha fruticosa*) and common milkweed (*Asclepias syriaca*), whose rapid spread alters the structure and composition of native vegetation and threatens the conservation status of Natura 2000 habitats. The project „Fewer Invasive Species" aims to systematically control these species, restore valuable habitats, and establish a long-term monitoring system to assess their distribution and the effectiveness of implemented management measures. False indigo bush is most widespread in the southern part of the Special Zoological Reserve, particularly along forest roads that serve as dispersal corridors towards floodplain meadows of habitat type 6440 (*Cnidion dubii*), one of the most valuable and threatened grassland habitat types in Croatia. Common milkweed is most abundant in the managed grasslands of the Venecija area and the Tikveš Castle Complex, where it exhibits a high potential for further expansion. The planned activities include the removal of false indigo bush from a total area of 12 ha using selective mechanical methods. Along forest edges and roads, mowing and cutting with brush cutters and chainsaws will be applied, while both aboveground and underground plant parts will be removed from open grassland areas. The removed plant material will be disposed of through composting. The control of common milkweed will be carried out over an area of 18 ha by repeated mulching every 2–3 weeks throughout the growing season in order to deplete underground reserves and prevent further spread while preserving native grassland vegetation. The project also includes the assessment of the initial distribution of invasive species, continuous monitoring throughout implementation, and a final evaluation of the effectiveness of management measures. Monitoring is carried out by an external expert, while the Public Institution will continue long-term monitoring after project completion. To support field activities, specialised equipment will be procured, including a tractor with a mulcher and trailer, chainsaws, battery-powered chainsaws, brush cutters, battery-powered hedge trimmers, and hand tools, thereby improving the efficiency of future invasive species management. The project also encompasses educational and promotional activities aimed at raising awareness among local communities and visitors about the impacts of invasive alien species and the importance of their timely control. Implementation of the planned measures is expected to halt the spread of false indigo bush within the target grasslands, reduce its cover to 20% or less compared to the initial state, and decrease the cover of common milkweed to below 10% at the target sites. These measures will contribute to the restoration of native vegetation, improve

the conservation status of priority Natura 2000 habitats, and ensure the long-term preservation of biodiversity in Kopački Rit Nature Park. Furthermore, the project represents an example of good practice in the active management of invasive alien species in floodplain ecosystems.

Key words: invasive alien species, *Amorpha fruticosa*, *Asclepias syriaca*, Natura 2000, habitat management, Kopački rit

Klimatske promjene i vodni resursi u Europi

MARTINA ŠPOLJARIĆ

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Pravni fakultet Osijek, Ulica Stjepana Radića 13, Osijek

Dopisni autor: martina.spoljaric1709@gmail.com

Sažetak

Klimatske promjene imaju veliki utjecaj na opskrbu Europe vodom. Prema zadnjem izvješću Europske agencije za okoliš (EEA) iz 2021. godine samo 37 % površinskih voda u Europi je u dobrom ekološkom stanju. Kada je posrijedi kemijsko zdravlje površinskih voda, ono je dobro samo u 29 % slučajeva, u usporedbi sa 77 % u slučaju podzemnih voda, odakle nam stiže veći dio pitke vode koju konzumiraju stanovnici Europe. Dobro kemijsko zdravlje vode znači izostanak prekomjernog onečišćenja hranjivim tvarima i štetnim kemikalijama poput PFAS-a i mikroplastike. EEA je napravila istraživanje i analizu na 120.000,00 površinskih voda i 3,8 milijuna km^2 podzemnih voda u19 zemalja Europsku unije uključujući i Norvešku, istraživanje je rezultiralo apelom za smanjenjem uporabe pesticida za 50 % do 2030. godine. Osim smanjenja uporabe pesticida u poljoprivredi, potrebno je istaknuti kako sve češće nastaje „vodeni stres"jedan je od najvažnijih okolišnih čimbenika koji štetno utječu na poljoprivrednu proizvodnju rezultirajući smanjenim urodom. Posebno je izražen „vodeni stres" u jugoistočnoj Europi, čak 30% stanovništva živi u područjima stalnog manjka vode, a do 70% u ljetnim mjesecima osjeća sezonsku nestašicu. Suše dovode do rekordno niskih vodostaja poput Dunava i Rajne, a time je ugrožena vodoopskrba, rad industrijskih postrojenja te ekosustavi. Klimatske promjene i globalno zatopljene imaju veliki utjecaj na temperaturu površinskih i podzemnih voda, temperatura podzemnih voda igra ključnu ulogu u kvaliteti vode, zbog povišene temperature mogu se širiti bolesti poput legionarske bolesti, što će u konačnici imati posljedice i za bioraznolikost okoliša. Istraživanja pokazuju mogućnost povećanja temperature podzemnih voda do 2100. godine za 2,1 stupanj, u ekstremnom slučaju za čak 3,5 stupnja. Kako bi se smanjile posljedice klimatskih promjena na vodne resurse u Europi, Europska unija je 2023. godine na konferenciji UN-a o vodama predstavila Strategiju za otpornost vodoopskrbe koja se temelji na viziji za 2050. godinu. Europa mora jamčiti sigurnost opskrbe vodom i pripremiti se za prirodne katastrofe povezane sa vodom. Do 2030. godine globalna potražnja za vodom biti će 40 % veća od dostupnih vodnih resursa. Klimatske promjene stvaraju negativne posljedice za vodne resurse, što zahtjeva hitne mjere vlada i pojedinaca za smanjenje potrošnje vode i očuvanja ekosustava za buduće generacije.

Ključne riječi: klimatske promjene, suša, poplave, vodni resursi

Climate change and water resources in Europe

MARTINA ŠPOLJARIĆ

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Law Osijek, Ulica Stjepana Radića 13, Osijek, Croatia

Corresponding author: martina.spoljaric1709@gmail.com

Abstract

Climate change has a major impact on Europe's water supply. According to the latest report of the European Environment Agency (EEA) from 2021, only 37% of surface waters in Europe are in good ecological condition. When it comes to the chemical health of surface waters, it is good in only 29% of cases, compared to 77% in the case of groundwater, from which most of the drinking water consumed by the inhabitants of Europe comes. Good chemical health of water means the absence of excessive pollution with nutrients and harmful chemicals such as PFAS and microplastics. The EEA conducted research and analysis on 120,000.00 surface waters and 3.8 million km^2 of groundwater in 19 European Union countries, including Norway; the research resulted in an appeal to reduce pesticide use by 50% by 2030. In addition to reducing the use of pesticides in agriculture, it should be emphasized that "water stress" is occurring increasingly often and is one of the most important environmental factors that adversely affect agricultural production, resulting in reduced yields. "Water stress" is particularly pronounced in Southeastern Europe; as many as 30% of the population lives in areas of permanent water scarcity, while up to 70% experience seasonal shortages during the summer months. Droughts lead to record-low water levels in rivers such as the Danube and the Rhine, thereby threatening water supply, the operation of industrial facilities, and ecosystems. Climate change and global warming have a major impact on the temperature of surface water and groundwater. Groundwater temperature plays a key role in water quality; due to increased temperatures, diseases such as Legionnaires' disease may spread, which will ultimately also have consequences for environmental biodiversity. Research indicates the possibility of groundwater temperatures increasing by 2.1 degree by 2100, and in an extreme case by as much as 3.5 degree. In order to mitigate the consequences of climate change on water resources in Europe, the European Union presented at the UN Water Conference in 2023 the Water Resilience Strategy , based on a vision for 2050. Europe must guarantee the security of water supply and prepare for water-related natural disasters. By 2030, global demand for water will be 40% greater than the available water resources. Climate change creates negative consequences for water resources, which requires urgent measures by governments and individuals to reduce water consumption and preserve ecosystems for future generations.

Key words: climate change, drought, floods, water resources

Utjecaj hipnotika na prirodne planktonske zajednice

DUBRAVKA ŠPOLJARIĆ MARONIĆ[1], ANITA GALIR[1], KARLA ERDELJI[1], TEA KOMLJENOVIĆ[1], TANJA ŽUNA PFEIFFER[1], FILIP STEVIĆ[1], NIKOLINA BEK[1], MATEJ ŠAG[1], BOGUMIŁ ŁOSIEWICZ[1,2,3]*, MACIEJ KAMASZEWSKI[2]

[1] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek
[2] Sveučilište prirodnih znanosti u Varšavi, Fakultet za bioekonomiju i prehrambene sustave, Zavod za biologiju okoliša životinja, Ciszewskiego 8/23, Varšava, Poljska (*student Doktorskog studija)
[3] Poljska akademija znanosti, Kielanowski institut za animalnu fiziologiju i prehranu, Zavod za genetičko inženjerstvo, Instytucka 3, Jabłonna, Poljska

Dopisni autor: agalir@biologija.unios.hr

Sažetak

Farmaceutici predstavljaju skupinu onečišćivala koja su sve češće prisutna u površinskim vodama. Posljednjih godina, jedan od često detektiranih hipnotika u vodenim sustavima je zolpidem, nebenzodiazepinski sedativ-hipnotik koji se koristi u liječenju nesanice i djeluje kao pozitivni modulator GABA-A receptora. Budući da kolnjaci također posjeduju GABA receptore, izloženi zolpidemu mogu predstavljati potencijalno osjetljivu skupinu vodenih organizama. Cilj rada bio je utvrditi utjecaj okolišno relevantnih koncentracija zolpidema na vitalnost i preživljavanje prirodne zajednice kolnjaka te pratiti promjene u brojnosti i sastavu fitoplanktona tijekom izlaganja. Prirodne planktonske zajednice Biljskog jezera prenesene su u laboratorij gdje je u kontroliranim uvjetima zooplankton izložen djelovanju hipnotika zolpidem-tartarata pri koncentracijama 2×10^{-9} mg mL^{-1}, 4×10^{-8} mg mL^{-1} i 2×10^{-7} mg mL^{-1}, uz dodatak fitoplanktona kao hrane. Provedena je kvalitativna i kvantitativna analiza fitoplanktona i kolnjaka te je praćena aktivnost žvačnjaka, kretanje i mortalitet kolnjaka. Rezultati su pokazali da učinak zolpidema na kolnjake ovisi o koncentraciji i trajanju izloženosti hipnotiku. Statistički značajno povećanje udjela jedinki s otežanim kretanjem i mortalitetom ($p < 0,05$), osobito pri višim koncentracijama, zabilježeno je 48 sati nakon tretmana, a najizraženiji učinak utvrđen je nakon 72 sata za sve promatrane parametre ($p < 0,05$), uz najveći udio jedinki s otežanim kretanjem i mortalitetom pri najvišoj koncentraciji zolpidema. Fitoplanktonskom zajednicom tijekom cijelog eksperimenta dominirale su cijanobakterije, koje su činile više od 90 % ukupne brojnosti u gotovo svim uzorcima. Za razliku od kontrolnog tretmana, u kojem se brojnost fitoplanktona tijekom eksperimenta smanjivala zbog hranidbenog pritiska, u tretmanima zolpidemom brojnost fitoplanktona povećavala se s porastom koncentracije i trajanjem izloženosti. Najizraženiji učinak zabilježen je također pri najvišoj koncentraciji zolpidema nakon 72 sata. Rezultati pokazuju da produljena izloženost i više koncentracije zolpidema negativno utječu na vitalnost i preživljavanje kolnjaka, smanjuju hranidbeni pritisak i povećavaju brojnost fitoplanktona. Budući da su najizraženije promjene u obje skupine organizama zabilježene nakon 72 sata i pri najvišoj koncentraciji, rezultati upućuju na to da prisutnost zolpidema u vodenom okolišu ne utječe samo na pojedinačne organizme, nego i na strukturu i dinamiku prirodnih vodenih zajednica.

Ključne riječi: zolpidem, kolnjaci, zooplankton, fitoplankton, planktonska hranidbena mreža

Zahvala: Istraživanja su provedena u sklopu projekta „Bioindikatori i antropogeni pritisci u vodenim sustavima Rezervata biosfere Mura-Drava-Dunav" (AQUA-BIOPRESS) financiranog sredstvima Europske unije u okviru programa NextGenerationEU (broj: 581-UNIOS-100).

The influence of hypnotics on natural plankton communities

DUBRAVKA ŠPOLJARIĆ MARONIĆ[1], ANITA GALIR[1], KARLA ERDELJI[1], TEA KOMLJENOVIĆ[1], TANJA ŽUNA PFEIFFER[1], FILIP STEVIĆ[1], NIKOLINA BEK[1], MATEJ ŠAG[1], BOGUMIŁ ŁOSIEWICZ[1,2,3]*, MACIEJ KAMASZEWSKI[2]

[1] Josip Juraj Strossmayer University of Osijeku, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia
[2] Warsaw University of Life Sciences, Faculty of Bioeconomy and Food Systems, Department of Animal Environment Biology, Ciszewskiego 8/23, Warsaw, Poland (*PhD student)
[3] Polish Academy of Sciences, Kielanowski Institute of Animal Physiology and Nutrition, Department of Genetic Engineering, Instytucka 3, Jabłonna, Poland

Corresponding author: agalir@biologija.unios.hr

Abstract

Pharmaceuticals constitute a group of pollutants that are increasingly being detected in surface waters. In recent years, one of the hypnotics frequently found in aquatic systems has been zolpidem, a non-benzodiazepine sedative-hypnotic used to treat insomnia that acts as a positive modulator of GABA-A receptors. Since rotifers also possess GABA receptors, exposure to zolpidem may make them a particularly sensitive group of aquatic organisms. The aim of this study was to determine the effects of environmentally relevant concentrations of zolpidem on the vitality and survival of a natural rotifer community and to monitor changes in the abundance and composition of phytoplankton during exposure. Natural plankton communities from Lake Bilje were transported to the laboratory where, under controlled conditions, the natural zooplankton community was exposed to the hypnotic zolpidem tartrate at concentrations of 2×10^{-9} mg mL^{-1}, 4×10^{-8} mg mL^{-1}, and 2×10^{-7} mg mL^{-1}, with phytoplankton provided as food. Qualitative and quantitative analyses of phytoplankton and rotifers were performed, and rotifer feeding activity, movement, and mortality were monitored. The results showed that the effect of zolpidem on rotifers depended on both the concentration and duration of exposure. A statistically significant increase in the proportion of individuals exhibiting impaired movement and mortality ($p < 0.05$), particularly at higher concentrations, was recorded 48 hours after treatment. The most pronounced effect was observed after 72 hours for all monitored parameters ($p < 0.05$), with the highest proportion of individuals exhibiting impaired movement and mortality at the highest zolpidem concentration. Cyanobacteria dominated the phytoplankton community throughout the experiment, accounting for more than 90% of the total abundance in almost all samples. In contrast to the control treatment, in which phytoplankton abundance decreased throughout the experiment due to grazing pressure, phytoplankton abundance in the zolpidem treatments increased with concentration and exposure duration. The most pronounced effect was likewise observed at the highest zolpidem concentration after 72 hours. The results indicate that prolonged exposure to higher concentrations of zolpidem negatively affects the vitality and survival of rotifers, reduces grazing pressure, and increases phytoplankton abundance. Since the most pronounced changes in both groups of organisms were observed after 72 hours and at the highest concentration, the results suggest that the presence of zolpidem in the aquatic environment affects not only individual organisms but also the structure and dynamics of natural aquatic communities.

Key words: zolpidem, rotifers, zooplankton, phytoplankton, planktonic food-web

Acknowledgement: The research was conducted within the project „Bioindicators and anthropogenic pressures in aquatic systems of the Mura-Drava-Danube Biosphere Reserve" (AQUA-BIOPRESS) funded by the European Union under the programme NextGenerationEU (number: 581-UNIOS-100).

Od obrazovanja za održivost prema djelovanju za održivost: Iskustva programa ESG Junior

IVANA ŠTIBI[1], MARIJA GAURINA[2], IVANA KATAVIĆ[3], JOSIP STEPANIĆ[4]

[1] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za fiziku, Trg Ljudevita Gaja 6, Osijek
[2] Sveučilište u Splitu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Ruđera Boškovića 33, Split
[3] Centar izvrsnosti Splitsko-dalmatinske županije, Ruđera Boškovića 25, Split
[4] Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Ivana Lučića 1, Zagreb

Dopisni autor: istibi@fizika.unios.hr

Sažetak

Jedan od ključnih izazova obrazovanja za održivi razvoj jest povezivanje razumijevanja globalnih ciljeva održivosti sa sposobnošću učenika za djelovanje u vlastitom okruženju. Program ESG Junior razvijen je kao interdisciplinarni obrazovni pristup koji povezuje znanje, razvoj vještina i svrhovito djelovanje (Knowledge–Skills–Purpose) kroz autentične probleme lokalnih zajednica. Ciljevi održivog razvoja (SDG) pružaju širi okvir održivosti, dok okolišna, društvena i upravljačka dimenzija ESG-a strukturiraju sagledavanje lokalnih problema i razvoj mogućih rješenja. Cilj rada jest prikazati iskustva pilot-provedbe programa te istražiti njegov potencijal za prijelaz od obrazovanja o održivosti prema djelovanju za održivost.Pilot-program proveden je tijekom školske godine 2024./2025. u šest osnovnih škola iz različitih dijelova Hrvatske, uz 59 neposredno uključenih učenika. Model povezuje učenike, nastavnike, škole i lokalne zajednice u relacijski obrazovni sustav unutar kojega učenici identificiraju i istražuju autentične probleme, povezuju disciplinarna znanja s interdisciplinarnim perspektivama, razvijaju i vrednuju rješenja te sudjeluju u njihovoj provedbi. Proces povezuje rje šavanje problema, kritičko i kreativno mišljenje, sustavsko promišljanje i suradničko interdisciplinarno djelovanje s metakognitivnim fazama planiranja, praćenja i refleksije. Istraživanje se temelji na projektnoj dokumentaciji i komparativnoj analizi šest školskih slučajeva te evaluacijskim podacima učenika (N = 30), mentora (N = 5) i dionika lokalne zajednice (N = 63). U svim slučajevima zabilježeni su formuliranje problema, prikupljanje informacija i dokaza, komunikacija s dionicima i konkretno djelovanje, dok su mjerenje, modeliranje i eksplicitno vrednovanje dokaza bili izraženiji u pojedinim problemskim kontekstima. Aktivnosti su rezultirale konkretnim lokalnim intervencijama, uključujući prikupljanje više od 80 elektroničkih uređaja, uklanjanje približno 500 GB digitalnog otpada, recikliranje i ponovnu uporabu materijala, kompostiranje i sadnju te iniciranje obnove pješačkog prijelaza u neposrednoj blizini škole. Evaluacija je pokazala vrlo pozitivna iskustva učenika: svih deset temeljnih čestica procjene programa imalo je medijan 5, uz 86,7–96,7 % odgovora u kategorijama 4 i 5. Među dionicima lokalne zajednice 84,1 % iskazalo je visoku spremnost podržati rješenja koja predlažu učenici, a 96,8 % podržalo je neki oblik uključivanja škole u lokalnu zajednicu. Rezultati podupiru izvedivost pristupa i pozitivnu percepciju programa, bez pretpostavljanja uzročnih učinaka na razvoj kompetencija. Iskustva pilot-provedbe pokazuju da povezivanje znanja i vještina sa svrhovitim djelovanjem, uz SDG kao širi okvir, ESG dimenzije kao okvir za sagledavanje problema te relacije škole i zajednice kao mehanizam djelovanja, može povezati obrazovanje za održivi razvoj s participacijom učenika u konkretnim promjenama lokalnih zajednica.

Ključne riječi: obrazovanje za održivi razvoj, ESG, SDG, Knowledge–Skills–Purpose, lokalna zajednica

From education for sustainability to action for sustainability: Experiences from the ESG Junior program

IVANA ŠTIBI[1], MARIJA GAURINA[2], IVANA KATAVIĆ[3], JOSIP STEPANIĆ[4]

[1] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Physics, Trg Ljudevita Gaja 6, Osijek, Croatia
[2] University of Split, Faculty of Science, Ruđera Boškovića 33, Split, Croatia
[3] Center of Excellence of the Split-Dalmatia County, Ruđera Boškovića 25, Split, Croatia
[4] University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, Ivana Lučića 1, Zagreb, Croatia

Corresponding author: istibi@fizika.unios.hr

Abstract

One of the key challenges of education for sustainable development is connecting global sustainability goals with students' capacity to act within their own environments. ESG Junior was developed as an interdisciplinary educational approach connecting knowledge, skills, and purposeful action (Knowledge–Skills–Purpose) through authentic local problems. The Sustainable Development Goals (SDGs) provide the broader framework, while the environmental, social, and governance dimensions of ESG structure the exploration of local problems and possible solutions. This paper presents experiences from the pilot implementation during the 2024/2025 school year in six primary schools across different regions of Croatia, directly involving 59 students. The model connects students, teachers, schools, and local communities within a relational educational system in which students identify and investigate authentic problems, connect disciplinary knowledge with interdisciplinary perspectives, develop and evaluate solutions, and participate in implementation. The process integrates problem solving, critical and creative thinking, systems-oriented reasoning, collaborative interdisciplinary problem solving, and the metacognitive phases of planning, monitoring, and reflection. The study draws on project documentation, comparative cross-case analysis of six school cases, and evaluation data from students (N = 30), mentors (N = 5), and community stakeholders (N = 63). Across all cases, students engaged in problem formulation, information and evidence gathering, stakeholder communication, and action; measurement, modelling, and explicit evidence evaluation were more context-dependent. Activities produced tangible local interventions, including collecting more than 80 electronic devices, removing approximately 500 GB of digital waste, recycling and reusing materials, composting and planting, and initiating renewal of a pedestrian crossing near one school. Student evaluations were highly positive: all ten core items had a median of 5, with 86.7–96.7% of responses in categories 4 and 5. Among community stakeholders, 84.1% reported high willingness to support student-proposed solutions, while 96.8% supported some form of school involvement in the local community. These findings support the feasibility and positive perception of the approach without implying causal effects on competence development. The pilot suggests that connecting knowledge and skills with purposeful action, with SDGs as the broader framework, ESG dimensions structuring problem exploration, and school–community relationships enabling action, can connect education for sustainable development with students' participation in tangible local change.

Key words: education for sustainable development, ESG, SDGs, Knowledge–Skills–Purpose, local community

Sastav makrozoobentosa u kanalima šireg područja Kopačkog rita s posebnim osvrtom na invazivnu vrstu *Limnomysis benedeni* Czerniavsky, 1882

LARA TIŠLJAR[1], VIKTORIJA ERGOVIĆ[1], MIRAN KOH[1], IVANA TURKOVIĆ ČAKALIĆ[1], PREDRAG SIMOVIĆ[2], BARBARA VLAIČEVIĆ[1]

[1] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek
[2] Univerzitet u Kragujevcu, Prirodno-matematički fakultet, Institut za biologiju i ekologiju, Radoja Domanovića 12, Kragujevac, Srbija

Dopisni autor: lara.tisljar@biologija.unios.hr

Sažetak

Poplavna područja poput Kopačkog rita ubrajaju se među ekološki najvrjednije, ali i najugroženije slatkovodne ekosustave Europe. Njihova hidrološka povezanost s velikim rijekama, poput Dunava ključna je za funkcioniranje ovih staništa što istovremeno predstavlja i put unosa alohtonih vrsta. Jedna od najraširenijih ponto-kaspijskih invazivnih vrsta u europskim rijekama je račić *Limnomysis benedeni* (Czerniavsky, 1882), prvi put zabilježen u Kopačkom ritu 2004. godine. Iako je novijim istraživanjima potvrđeno da je vrsta postala trajni dio faune ovog poplavnog područja, mehanizmi njezina unosa i putevi širenja do sada nisu bili razjašnjeni. Cilj ovog istraživanja bio je analizirati sastav makrozoobentosa u kanalima šireg područja Kopačkog rita, s posebnim naglaskom na rasprostranjenost i gustoću populacije vrste *L. benedeni*, utvrditi putove njezina ulaska u poplavno područje te odrediti okolišne čimbenike koji utječu na njezinu raspodjelu. Uzorkovanje je provedeno na šest lokaliteta, a sastav zajednice analiziran je izračunom indeksa raznolikosti te izračunom korelacija zavisnosti u odnosu na fizikalne i kemijske čimbenike vode i sastav mikrostaništa. Ukupno je zabilježena 21 taksonomska skupina makrozoobentosa, pri čemu su Oligochaeta i Chironomidae dominirale na većini lokaliteta s muljevito-glinovitim sedimentom, dok se postaja Mali Dunav Lug izdvojila s najvećom raznolikosti zbog prisutnosti razvijene makrofitske vegetacije. Vrsta *L. benedeni* utvrđena je na četiri od šest lokaliteta, s brojnošću u rasponu od 2 do 800 jed./m². Apsolutna dominacija (71,6%) zabilježena je na postaji Dunav – ušće kanala Petreš, koja je na temelju hidrološkog položaja definirana kao glavna ulazna točka ove invazivne vrste u područje rita. Spearmanov koeficijent korelacije je pokazao da su pjeskoviti supstrat, zajedno s koncentracijom kisika i pH, ključni okolišni čimbenici koji pogoduju rasprostranjenosti i gustoći populacije, dok je njeno odsustvo na pojedinim lokalitetima povezano s nepovoljnim tipom supstrata ili niskom koncentracijom otopljenog kisika. Zaključno, rezultati ovog istraživanja ukazuju na prisutnost *L. benedeni* u kanalima šireg područja Kopačkog rita te na njezino pasivno širenje iz Dunava duž hidrološki povezane kanalne mreže. Vrsta se pokazala prisutnom, ali prostorno neujednačeno raspoređenom, čija je rasprostranjenost prvenstveno određena tipom supstrata. Za pouzdanu procjenu njezina invazivnog statusa unutar zaštićenog područja potrebna su daljnja, dugoročna sezonska istraživanja.

Ključne riječi: Dunav, rasprostranjenost, okolišni čimbenici, supstrat, ponto-kaspijska vrsta

Composition of macrozoobenthos in the channels of the wider area of Kopački Rit with special reference to the invasive species *Limnomysis benedeni* Czerniavsky, 1882

LARA TIŠLJAR[1], VIKTORIJA ERGOVIĆ[1], MIRAN KOH[1], IVANA TURKOVIĆ ČAKALIĆ[1], PREDRAG SIMOVIĆ[2], BARBARA VLAIČEVIĆ[1]

[1] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia
[2] University of Kragujevac, Faculty of Science, Department of Biology and Ecology, Radoja Domanovića 12, Kragujevac, Serbia

Corresponding author: lara.tisljar@biologija.unios.hr

Abstract

Floodplain areas such as Kopački rit are among Europe's most ecologically valuable yet most threatened freshwater ecosystems. Their hydrological connectivity with the Danube, essential to the functioning of these habitats, also provides a pathway for introducing alien species. One of the most widespread Ponto-Caspian invasive species in European freshwaters is the mysid shrimp *Limnomysis benedeni* (Czerniavsky, 1882), first recorded in Kopački rit in 2004. Although recent studies have confirmed that the species has become a permanent part of the fauna of this floodplain, the mechanisms of its introduction and dispersal pathways within the system have not yet been clarified. This study aimed to analyse macrozoobenthos composition in the channels of the wider Kopački rit area, with particular emphasis on the distribution and population density of *L. benedeni*, to determine its entry pathways into the floodplain, and to identify the environmental factors influencing its distribution. Sampling was carried out at six sites, and community composition was analysed by calculating diversity indices and correlation methods in relation to physical and chemical water parameters and microhabitat traits. A total of 21 macrozoobenthos groups were recorded, with Oligochaeta and Chironomidae dominant at most sites in argillal sediment, while the Mali Dunav Lug site had the highest diversity due to well-developed macrophyte vegetation. *L. benedeni* was recorded at four of the six sites, with abundance ranging from 2 to 800 ind./m². Absolute dominance (71.6%) was recorded at the Danube site at Petreš channel, which, based on its hydrological position, was identified as the main entry point of the species into the channel network. Spearman's coefficient of correlation confirmed that sandy substrate, together with dissolved oxygen concentration and pH, were the key environmental factors explaining the distribution and density of this species, while its absence at certain sites was linked to unfavourable substrate type or low dissolved oxygen concentration. In conclusion, the results document for the first time the presence of *L. benedeni* in the channels of the wider Kopački rit area and indicate its passive dispersal via floodwater from the Danube along the hydrologically connected channel network. The species proved to be successfully established, yet spatially unevenly distributed, with its distribution primarily determined by substrate type. Reliable assessment of its invasive status within this protected area requires further long-term seasonal research.

Key words: Danube, distribution, environmental factors, substrate, Ponto-Caspian species

Raznolikost okućenih ameba u sedrotvornom sustavu Papukkale

IVANA TURKOVIĆ ČAKALIĆ, BARBARA VLAIČEVIĆ, VIKTORIJA ERGOVIĆ, MIRAN KOH

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek

Dopisni autor: ivana.turkovic@biologija.unios.hr

Sažetak

Sedrotvorni sustav Papukkale smješten je na zapadnim padinama Papuka, na nadmorskoj visini od približno 308 m. Voda koja izvire iz stijene prelijeva se preko niza sedrenih barijera i zadržava u brojnim manjim bazenima, stvarajući karakterističan kaskadni izgled ovog sedrotvornog sustava. U ovom sustavu temelj za stvaranje sedre čini mahovina koja predstavlja važnu biološku podlogu za taloženje kalcijeva karbonata. Tijekom prolaska vode bogate otopljenim mineralnim tvarima preko površine mahovine dolazi do postupne kalcifikacije, odnosno taloženja mineralnih naslaga na biljnom materijalu. Dugotrajnim odvijanjem ovog procesa nastaje sedra karakteristične šupljikave i porozne strukture. Šupljine unutar sedre omogućuju stvaranje brojnih mikrostaništa u kojima organizmi mogu pronaći izobilje hrane i sklonište od predatora. Takva mikrostaništa predstavljaju pogodna staništa za različite skupine vodenih organizama te mogu pridonijeti velikoj biološkoj raznolikosti sedrotvornih sustava. Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi raznolikost okućenih ameba sedrotvornog sustava Papukkale i njihovu sezonsku dinamiku. U studenom 2024. prikupljen je jesenski uzorak, u veljači 2025 zimski uzorak, a u travnju i lipnju 2025. proljetni i ljetni uzorak. Sedra sa živim dijelovima mahovine je uzorkovana metalnim korerom u triplikatima. Na terenu su izmjereni različiti abiotički i biotički čimbenici vode te je određen udio organske i anorganske tvari u sedri, kao i biomasa mahovine. Dio uzorka iz kojega su određeni kvalitativni i kvantitativni sastav zajednice fiksiran je otopinom formaldehida i obojan Rose bengalom. Brojane su samo one jedinke koje su imale obojanu citoplazmu. Ukupno je utvrđeno 30 svojti okućenih ameba. Najmanja raznolikost i brojnost jedinki zabilježeni su u jesen. U jesen je utvrđena i najmanja biomasa mahovine u uzorcima, dok je površina sedre bila prekrivena opalim lišćem. Najveća raznolikost zajednice bila je u proljeće, a najveća brojnost u zimu. Vrste *Cyphoderia ampulla*, *Difflugia pulex* i *Trinema lineare* bile su eudominantne vrste tijekom istraživačkog razdoblja, dok je *Cyphoderia laevis* bila dominantna vrsta. Sve navedene vrste imale su frekventnost veću od 50 % i bile su prisutne u svakom godišnjem dobu, što upućuje na njihovu relativnu stabilnost unutar zajednice. Zanimljiv je pronalazak jedinki roda *Psammonobiotus*, eurihaline okućene amebe koja je izvorno pronađena u morskim i bočatim staništima. Ovaj nalaz dodatno ističe ekološku i biološku vrijednost sedrotvornog sustava Papukkale te potrebu za daljnjim istraživanjem raznolikosti i ekologije okućenih ameba na području Papuka. Dobiveni rezultati ukazuju na izraženu raznolikost zajednice okućenih ameba u sedrotvornom sustavu Papukkale, kao i na postojanje sezonskih razlika u njihovu sastavu i brojnosti.

Ključne riječi: Papuk, sedra, sezonska dinamika, Testacea, *Psammonobiotus*

Diversity of testate amoebae in the tufa-forming habitat Papukkale

IVANA TURKOVIĆ ČAKALIĆ, BARBARA VLAIČEVIĆ, VIKTORIJA ERGOVIĆ, MIRAN KOH

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia

Corresponding author: ivana.turkovic@biologija.unios.hr

Abstract

The tufa-forming habitat Papukkale is located on the western slopes of Papuk Mountain, at an altitude of approximately 308 m. Water emerging from the rock flows over a series of tufa barriers and is retained in numerous small pools, creating the characteristic cascade-like appearance of this tufa-forming habitat. In this system, moss forms the basis for tufa formation, representing an important biological substrate for the deposition of calcium carbonate. As water rich in dissolved minerals passes over the moss surface, gradual calcification occurs, and mineral layers form on the plant material. Over a prolonged period, this process results in the formation of tufa with its characteristic hollow and porous structure. The hollows within the tufa provide numerous microhabitats where organisms can find an abundance of food and shelter from predators. Such microhabitats provide suitable habitats for various aquatic organisms and may contribute to the high biological diversity of tufa-forming habitats. The aim of this study was to determine the diversity and seasonal dynamics of testate amoebae in the tufa-forming habitat Papukkale. An autumn sample was collected in November 2024, a winter sample in February 2025, and spring and summer samples were collected in April and June 2025. Tufa containing living parts of moss was sampled in triplicate using a metal corer. Various abiotic and biotic water parameters were measured and proportions of organic and inorganic matter in the tufa, as well as moss biomass, were determined. A portion of the samples used for determining the qualitative and quantitative community composition was fixed with formaldehyde solution and stained with Rose Bengal. Only individuals with stained cytoplasm were counted. A total of 30 testate amoebae taxa were identified. The lowest diversity and abundance of individuals were recorded in autumn. The lowest moss biomass in the samples was also recorded in autumn, when the tufa surface was covered with fallen leaves. The highest diversity was recorded in spring, whereas the highest abundance was observed in winter. The species *Cyphoderia ampulla*, *Difflugia pulex*, and *Trinema lineare* were eudominant species throughout the study period, while *Cyphoderia laevis* was the dominant species. All these species had a frequency of occurrence greater than 50 % and were present in every season, indicating their relative stability within the community. An interesting finding was the presence of individuals belonging to the genus *Psammonobiotus*, a euryhaline testate amoeba originally found in marine and brackish-water habitats. This finding highlights the ecological and biological value of the tufa-forming habitat Papukkale and the need for further research into the diversity and ecology of testate amoebae in the Papuk area. The results indicate a high diversity of the testate amoeba community in the tufa-forming habitat Papukkale, as well as the presence of seasonal differences in its composition and abundance.

Key words: Papuk, tufa, seasonal dynamics, Testacea, *Psammonobiotus*

Rezultati monitoringa gniježđenja štekavca u Parku prirode „Kopački rit“ u 2026. godini

MARIJA VEREŠ, MARIN ŠKORO, KRISTINA ROMANJEK, SONJA KUČERA, VLATKO ROŽAC, BORIS BOLŠEC

Javna ustanova „Park prirode Kopački rit“, Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Bilje

Dopisni autor: marija.veres@pp-kopacki-rit.hr

Sažetak

Štekavac (*Haliaeetus albicilla*) je najveća ptica grabljivica u Europi. Preferira slatkovodna i morska vlažna močvarna staništa na kojima su dostupnost plijena i sigurnost lokacije za gniježđenje presudni čimbenici rasprostranjenosti pa su tako njihove guste populacije u Hrvatskoj zabilježene uz velike rijeke poput Drave, Dunava i Save te njihova poplavna područja. Negativnim antropogenim utjecajima (prenamjena močvara, lov, uklanjanje povoljnih stabala za gniježđenje, upotreba pesticida), tijekom 19. i 20. stoljeća populacije štekavaca na prostoru Hrvatske doživjele su svoj minimum, osim na području Lonjskog polja i Kopačkog rita. Povećanjem zaštite vrste i močvarnih staništa te zabranom upotrebe određenih pesticida, tijekom 1980.-ih populacija se počela oporavljati. Osnovnu prehranu štekavca čine ribe, ptice močvarice, sisavci, gmazovi, a u nedostatku svježeg plijena često i strvine. Gnijezda gradi na velikim stablima vlažnih močvarnih područja te obično sagradi 2 do 3 gnijezda po teritoriju. Štekavci su obično vjerni svojim utvrđenim teritorijima, ali i partnerima. Gniježđenje započinje krajem siječnja, a inkubacija traje do 38 dana. Leglo može sadržavati do 3 jajeta, a na njima sjede oba roditelja. Ptići izlijeću iz gnijezda nakon 2 i pol do 3 mjeseca života te su još neko vrijeme ovisni o roditeljima. Monitoring gniježđenja štekavca u Parku prirode Kopački rit provodi se još od 19. stoljeća i predstavlja jedan od najvažnijih monitoringa u Parku jer se na temelju njegovih rezultata može procijeniti ekološko stanje cijelog ekosustava. Na području Parka prirode „Kopački rit“ pregledano je u 2026. godini rit ukupno 111 evidentiranih gnijezda štekavca (103 prethodno evidentirana gnijezda te 8 novo pronađenih) i to je do sada najveći zabilježeni broj evidentiranih i pregledanih gnijezda od početka praćenja. Od toga je: 86 aktivnih, 13 neaktivnih, 11 srušenih te 1 aktivan teritorij bez evidentiranog gnijezda. Viđeno je i zabilježeno 11 mladih orlova u gnijezdu od kojih su 3 prstenovana. Prema rezultatima ovogodišnjeg monitoringa može se zaključiti kako je gniježđenje štekavca u Parku prirode Kopački rit uspješno (77,5 % aktivnih gnijezda), a populacija stabilna. Ovaj monitoring iziskuje najveći terenski napor jer se gnijezda nalaze na području cijelog Parka što uključuje i teško dostupna područja, posebice u uvjetima odsustva poplava.

Ključne riječi: štekavac, Park prirode Kopački rit, gniježđenje

Results of monitoring of White-tailed eagle nesting in Kopački rit Nature Park in 2026 year

MARIJA VEREŠ, MARIN ŠKORO, KRISTINA ROMANJEK, SONJA KUČERA, VLATKO ROŽAC, BORIS BOLŠEC

Public Institution Kopački rit Nature Park, Mali Sakadaš 1, Kopačevo, Bilje, Croatia

Corresponding author: marija.veres@pp-kopacki-rit.hr

Abstract

The White-tailed Eagle (*Haliaeetus albicilla*) is the largest bird of prey in Europe. It prefers freshwater and marine wetland habitats where prey availability and the safety of nesting sites are crucial factors for distribution; consequently, dense populations in Croatia have been recorded along major rivers such as the Drava, Danube, and Sava and their associated floodplains. Due to negative anthropogenic impacts (wetland conversion, hunting, the removal of suitable nesting trees, and pesticide use), White-tailed Eagle populations in Croatia reached a historic low during the 19th and 20th centuries, except in the Lonjsko polje and Kopački rit areas. The population began to recover in the 1980s thanks to increased protection of the species and wetland habitats, as well as bans on the use of certain pesticides. The White-tailed Eagle's diet consists primarily of fish, waterfowl, mammals, and reptiles, though it often feeds on carrion when fresh prey is scarce. It builds nests in large trees within wetland areas, typically constructing two or three nests per territory. These eagles are generally faithful to both their established territories and their mates. Nesting begins in late January, and incubation lasts up to 38 days. A clutch may contain up to three eggs, which are incubated by both parents. The chicks fledge after two and a half to three months but remain dependent on their parents for some time thereafter. Monitoring of White-tailed Eagle nesting in Kopački rit Nature Park has been conducted since the 19th century and represents one of the Park's most important monitoring activities, as the results allow for an assessment of the ecological health of the entire ecosystem. In 2026, a total of 111 recorded White-tailed Eagle nests were inspected within Kopački rit Nature Park (103 previously recorded nests and 8 newly discovered ones); this marks the highest number of recorded and inspected nests since monitoring began. Of these, 86 were active, 13 inactive, and 11 had collapsed, while one active territory was identified without a recorded nest. Eleven young eagles were observed and recorded in the nests, three of which were ringed. Based on this year's monitoring results, it can be concluded that White-tailed Eagle nesting in Kopački rit Nature Park is successful (77.5% of nests active) and the population is stable. This monitoring effort requires significant fieldwork, as the nests are distributed across the entire Park including areas that are difficult to access, particularly when floodwater is absent.

Key words: White-tailed Eagle, Kopački rit Nature Park, nesting

Usklađenost sadržaja silabusa prirodoslovnih kolegija s odgojno-obrazovnim ishodima kurikuluma Prirodoslovlja

KREŠIMIR VIDAČIĆ[1]*, IRELLA BOGUT[1], MILA BULIĆ[2], IRENA KIŠMARTIN[1]

[1] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet za odgojne i obrazovne znanosti, Ulica cara Hadrijana 10, Osijek (*student doktorskog studija Obrazovne znanosti i perspektive obrazovanja)
[2] Sveučilište u Splitu, Filozofski fakultet, Poljička cesta 35, Split

Dopisni autor: kvidacic@foozos.hr

Sažetak

Uvođenjem eksperimentalnog programa „Osnovna škola kao cjelodnevna škola: Uravnotežen, pravedan, učinkovit i održiv sustav odgoja i obrazovanja" u osnovne škole u Republici Hrvatskoj od 2023. godine uveden je i novi nastavni predmet Prirodoslovlje u razrednu nastavu. Novi kurikulum Prirodoslovlja donosi odgojno-obrazovne ishode koji prethodno nisu bili zastupljeni u nastavnom predmetu Priroda i društvo, čime se otvara pitanje njihove uključenosti u inicijalno obrazovanje budućih učitelja. Cilj ovoga istraživanja jest analizirati zastupljenost sadržaja i ishoda učenja povezanih s konceptom sila (međudjelovanja) u prirodi u silabusima kolegija iz područja prirodoslovlja i metodike prirodoslovnih predmeta na učiteljskim fakultetima u Republici Hrvatskoj. Istraživanje se temelji na kvalitativnoj analizi silabusa, pri čemu se identificiraju i analiziraju relevantni ishodi učenja i sadržaji povezani s navedenim konceptima. Posebna se pozornost posvećuje njihovoj usklađenosti s odgojno-obrazovnim ishodima Kurikuluma nastavnog predmeta Prirodoslovlje za 1.–4. razred osnovne škole. Rezultati analize pružaju uvid u zastupljenost temeljnih prirodoznanstvenih koncepata povezanih sa silama u programima inicijalnog obrazovanja učitelja te u stupanj njihove usklađenosti s kurikulumskim očekivanjima osnovnoškolskog prirodoslovnog obrazovanja. Dobiveni nalazi mogu poslužiti kao polazište za daljnje promišljanje i unapređenje usklađenosti studijskih programa učiteljskih studija s promjenama u osnovnoškolskom kurikulumu prirodoslovlja.

Ključne riječi: metodika prirodoslovlja, Prirodoslovlje, silabusi prirodoslovlja, sile i međudjelovanja

Zahvala: Rad je sufinanciran iz Mehanizma za oporavak i otpornost (RRF; izvor 581 – institucionalni istraživački projekt "Sinergija tehnologije i znanosti: STEM obrazovanje i inteligentne metode – SINTEZA", šifra 581-UNIOS-50) u okviru Nacionalnog plana oporavka i otpornosti Republike Hrvatske, financiranog od strane Europske unije – Next Generation EU.

Alignment of syllabi content of natural science courses with the educational outcomes of the natural science curriculum

KREŠIMIR VIDAČIĆ[1]*, IRELLA BOGUT[1], MILA BULIĆ[2], IRENA KIŠMARTIN[1]

[1] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Education, Ulica cara Hadrijana 10, Osijek, Croatia (*PhD student of the Doctoral Programme in Educational Sciences and Perspectives in Education)
[2] University of Split, Faculty of Humanities and Social Sciences, Poljička cesta 35, Split, Croatia

Corresponding author: kvidacic@foozos.hr

Abstract
With the implementation of the experimental program "Primary School as a Full-Day School: A Balanced, Equitable, Efficient, and Sustainable System of Education" in primary schools in the Republic of Croatia in 2023, a new subject, Natural Science, was introduced into the primary school curriculum. The new Natural Science curriculum introduces educational outcomes that were not previously included in the subject Nature and Society, thereby raising the question of their inclusion in the initial education of future teachers. This study aims to analyse the representation of content and learning outcomes related to the concept of forces (interactions) in nature within the syllabi of natural science and science education methodology courses at faculties of teacher education in the Republic of Croatia. The research is based on a qualitative analysis of syllabi, identifying and examining relevant learning outcomes and content related to the aforementioned concepts. Particular attention is given to their alignment with the educational outcomes of the Natural Science Curriculum for grades 1–4 of primary school. The results of the analysis provide insight into the representation of fundamental natural science concepts related to forces in initial teacher education programmes, as well as the degree of their alignment with the curricular expectations of primary school science education. The findings may serve as a starting point for further reflection and improvement of the alignment between teacher education study programmes and changes in the primary school science curriculum.

Key words: science education methodology, Natural Science, science syllabi, forces and interactions, teacher education

Acknowledgement: This paper is co-financed from the Recovery and Resilience Mechanism (RRF; source 581 - institutional research project "Synergy of Technology and Science: STEM Education and Intelligent Methods – SINTEZA", code 581-UNIOS-50) within the National Recovery and Resilience Plan of the Republic of Croatia, funded by the European Union – Next Generation EU.

Obrazovanje učenika o važnosti principa biosigurnosti i biozaštite

NIKOLINA VIDOVIĆ*

*studentica doktorskog studija Obrazovne znanosti i perspektive obrazovanja, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet za odgojne i obrazovne znanosti, Osijek

Dopisni autor: nikolina.vidovic912@gmail.com

Sažetak

Suvremeni svijet sve više postavlja nove izazove za sadašnje i buduće generacije učenika. Jedan od mnogih ujedno je i kako aktivno doprinijeti očuvanju zdravlja ljudi i zaštiti okoliša u njihovom okruženju. Kako bi uspješno ostvarili taj cilj, važno je započeti s obrazovanjem učenika o biosigurnosti i biozaštiti već od najranije dobi. Kroz odgoj i obrazovanje učenici uče o vrijednostima čuvanja ljudskoga zdravlja, preveniranju zaraznih bolesti te zaštiti okoliša. Cilj ovog rada je upoznati učenike s osnovnim principima biosigurnosti i biozaštite kako bi uspješno prepoznali, razumjeli i reagirali na biološke prijetnje s kojima se susretnu u svakodnevnom životu. Rad je osmišljen kao znanstveni doprinos stvaranja svijesti o važnosti prevencije zaraznih bolesti, očuvanja zdravlja ljudi i zaštite okoliša među učenicima, ali i širom populacijom. Zaključno, ako započnemo sa što ranijim obrazovanjem učenika o važnosti principa biosigurnosti i biozaštite, možemo očekivati da će nam buduće generacije postati odgovorni i savjesni građani u očuvanju zdravlja ljudi i zaštiti okoliša.

Ključne riječi: biosigurnost, biozaštita, očuvanje zdravlja ljudi, zaštita okoliša

Educating students about the importance of biosafety and biosecurity principles

NIKOLINA VIDOVIĆ*

*PhD student of the Doctoral Programme in Educational Sciences and Perspectives in Education, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Education

Corresponding author: nikolina.vidovic912@gmail.com

Abstract

The modern world increasingly poses new challenges for current and future generations of stuents. One of many is how to actively contribute to preserving human health and protecting the environment in their surroundings. In order to successfully achieve this goal, it is important to start educating students about biosafety and biosecurity from an early age. Through education, students learn about the values of preserving human health, preventing infectious diseases, and protecting the environment. The aim of this paper is to introduce students to the basic principles of biosafety and biosecurity in order to successfully recognize, understand, and respond to biological threats they encounter in their everyday lives. The paper is designed as a scientific contribution to creating awareness about the importance of preventing infectious diseases, preserving human health, and protecting the environment among students, but also the wider population. In conclusion, if we start educating students about the importance of biosafety and biosecurity principles as early as possible, we can expect that future generations will become responsible and conscientious citizens in preserving human health and protecting the environment.

Key words: biosafety, bioprotection, human health protection, environmental protection

Kopački rit kao prostor učenja: Biomimikrija i novi pristupi interpretaciji prirodne i tehničke baštine

SANJA VIDOVIĆ, KSENIJA KATALINIĆ

Muzej Slavonije, Trg sv. Trojstva 6, Osijek

Dopisni autor: sanja.vidovic@mso.hr, ksenija.katalinic@mso.hr

Sažetak

Kopački rit nije samo prostor iznimne prirodne vrijednosti koji promatramo, istražujemo i štitimo, već i prostor iz kojega možemo učiti. Njegova biološka raznolikost, složenost prirodnih procesa i različiti oblici prilagodbi živih organizama pružaju brojne mogućnosti za povezivanje prirodne baštine sa suvremenim oblicima učenja i interpretacije. Istodobno, promatranje prirodnih zakonitosti otvara prostor za razumijevanje tehničke baštine i načina na koje je čovjek kroz povijest opažao prirodu, prepoznavao njezine principe te ih primjenjivao u razvoju različitih tehničkih rješenja. Cilj rada je istražiti potencijal Kopačkog rita kao prostora učenja te razmotriti mogućnosti primjene biomimikrije u interpretaciji i povezivanju prirodne i tehničke baštine. Posebna se pozornost posvećuje interdisciplinarnom povezivanju prirodnih znanosti, tehnologije, dizajna i muzejske edukacije te razvoju iskustvenih oblika učenja koji se temelje na opažanju, uspoređivanju i razumijevanju prirodnih fenomena. U kontekstu rada biomimikrija se promatra kao pristup koji prirodu prepoznaje kao izvor ideja, principa i mogućih rješenja, pri čemu prirodni svijet postaje svojevrsni „učitelj". Oblici, strukture i prilagodbe živih organizama mogu biti polazište za razumijevanje tehničkih principa i njihovo povezivanje sa suvremenim tehnologijama i svakodnevnim životom. Primjeri poput čička i principa prianjanja, oblika kljuna vodomara i aerodinamičkih rješenja, strukture sovina perja i smanjenja buke te komarca i razvoja bezbolne mikro-igle pokazuju kako promatranje prirode može potaknuti povezivanje znanstvenog razumijevanja s tehničkim i kreativnim mišljenjem. Glavni rezultati istraživanja proizlaze iz analize mogućnosti primjene takvog pristupa u izložbenim i edukativnim projektima Muzeja Slavonije, osobito u projektima *Priroda i tehnika* i *Izložba o izložbi Priroda i tehnika*. Analiza pokazuje da povezivanje prirodnih fenomena, struktura i prilagodbi s tehničkim rješenjima omogućuje razvoj interdisciplinarnih i iskustvenih modela interpretacije. Istodobno, promišljanje procesa oblikovanja izložbenog sadržaja pridonosi razumijevanju načina na koji se znanstvene i stručne spoznaje interpretiraju i posreduju različitim skupinama publike. Zaključno, biomimikrija pruža značajan potencijal za razvoj novih interpretacijskih i edukativnih pristupa prirodnoj i tehničkoj baštini. Kopački rit pritom se može promatrati ne samo kao zaštićeni prirodni prostor, nego i kao „živi laboratorij" i prostor učenja u kojemu opažanje prirode omogućuje povezivanje prirodnih procesa s ljudskim stvaralaštvom i tehničkim nasljeđem. Takav pristup može pridonijeti povezivanju muzeja, prirodne i tehničke baštine s lokalnom zajednicom te potaknuti razmjenu znanja i iskustava.

Ključne riječi: Kopački rit, prirodna baština, tehnička baština, biomimikrija, interpretacija baštine, muzejska edukacija, iskustveno učenje, Muzej Slavonije

Kopački rit as a learning space: Biomimicry and new approaches to the interpretation of natural and technical heritage

SANJA VIDOVIĆ, KSENIJA KATALINIĆ

Museum of Slavonia, Trg sv. Trojstva 6, Osijek, Croatia

Corresponding author: sanja.vidovic@mso.hr, ksenija.katalinic@mso.hr

Abstract

Kopački rit is not only an area of exceptional natural value that we observe, study, and protect, but also a space from which we can learn. Its biological diversity, the complexity of natural processes, and the various forms of adaptation of living organisms provide numerous opportunities for connecting natural heritage with contemporary forms of learning and interpretation. At the same time, observing natural principles creates opportunities for understanding technical heritage and the ways in which people throughout history have observed nature, recognized its principles, and applied them in the development of various technical solutions. The aim of this paper is to explore the potential of Kopački rit as a learning space and to consider the possibilities of applying biomimicry in the interpretation and connection of natural and technical heritage. Particular attention is given to the interdisciplinary integration of natural sciences, technology, design, and museum education, as well as to the development of experiential forms of learning based on observing, comparing, and understanding natural phenomena. Within the context of this paper, biomimicry is viewed as an approach that recognizes nature as a source of ideas, principles, and potential solutions, with the natural world becoming a kind of "teacher." The forms, structures, and adaptations of living organisms can serve as a starting point for understanding technical principles and connecting them with contemporary technologies and everyday life. Examples such as the burdock and the principle of adhesion, the shape of the kingfisher's beak and aerodynamic solutions, the structure of owl feathers and noise reduction, and the mosquito and the development of painless microneedles demonstrate how observing nature can encourage connections between scientific understanding and technical and creative thinking. The main results of the research arise from an analysis of the possibilities of applying this approach in the exhibition and educational projects of the Museum of Slavonia, particularly in the projects *Nature and Technology* and *Exhibition on Exhibition Nature and Technology*. The analysis shows that connecting natural phenomena, structures, and adaptations with technical solutions enables the development of interdisciplinary and experiential models of interpretation. At the same time, reflecting on the process of designing exhibition content contributes to understanding how scientific and professional knowledge is interpreted and communicated to different groups of visitors. In conclusion, biomimicry offers significant potential for developing new interpretive and educational approaches to natural and technical heritage. Kopački rit can therefore be viewed not only as a protected natural area, but also as a "living laboratory" and learning space in which observing nature enables connections between natural processes, human creativity, and technical heritage. Such an approach can contribute to strengthening connections between museums, natural and technical heritage, and the local community, while encouraging the exchange of knowledge and experiences.

Key words: Kopački rit, natural heritage, technical heritage, biomimicry, heritage interpretation, museum education, experiential learning, Museum of Slavonia

Od otpada do dokaza: Prehrambene prilagodbe i dvojaka uloga kožuškara (Dermestidae)

ANDREJ VINAJ*, STJEPAN KRČMAR

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek (*student)

Dopisni autor: andrejvinaj@yahoo.com

Sažetak

Kožuškari (Dermestidae) obuhvaćaju više od 1200 opisanih vrsta čije im prehrambene prilagodbe omogućuju iskorištavanje suhih i teško probavljivih organskih materijala. Iste značajke omogućuju im važnu ekološku ulogu, ali ih mogu učiniti i značajnim štetnicima uskladištenih proizvoda, tekstila i bioloških zbirki. Cilj ovog pregleda bio je prikazati prehrambene značajke kožuškara te povezati razlike u prehrani i životnim stadijima s njihovim gospodarskim, ekološkim i forenzičkim značenjem. Pregledana je dostupna znanstvena i stručna literatura o biologiji, prehrani i primijenjenom značaju porodice Dermestidae. Ličinački stadij predstavlja razdoblje najintenzivnijeg hranjenja, pri čemu ličinke mogu iskorištavati materijale bogate proteinima i keratinom, poput kože, dlake, perja i osušenih životinjskih tkiva. Prehrambene strategije razlikuju se među važnijim rodovima: vrste roda *Dermestes* prvenstveno su povezane s ostacima životinjskog podrijetla, dok se kod roda *Anthrenus* odrasli mogu hraniti peludom, a ličinke oštećuju tekstil i materijal bioloških zbirki. Ličinke roda *Attagenus* mogu iskorištavati tekstil, kožu, različite organske ostatke i suhe žitarice, što pridonosi njihovu gospodarskom značenju u kućanstvima, skladištima i muzejima. *Dermestes maculatus* i *D. frischii* među najvažnijim su forenzičkim kožuškarima jer koloniziraju ljudske i životinjske ostatke tijekom kasnijih faza raspadanja. Pregled pokazuje da su prehrambene prilagodbe temelj i štetnog i korisnog značenja kožuškara. Bolje poznavanje prehrane pojedinih vrsta, razvojnih stadija i okolišnih zahtjeva važno je za učinkovitije suzbijanje štetnika te pouzdaniju primjenu kožuškara u forenzičkoj entomologiji i pripremi osteoloških preparata.

Ključne riječi: Dermestidae, prehrambene prilagodbe, keratin, skladišni štetnici, forenzička entomologija, osteološki preparati

From waste to evidence: Feeding adaptations and the dual role of dermestid beetles (Dermestidae)

ANDREJ VINAJ*, STJEPAN KRČMAR

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia (*student)

Corresponding author: andrejvinaj@yahoo.com

Abstract

Dermestid beetles (Dermestidae) comprise more than 1,200 described species whose feeding adaptations allow them to exploit dry and otherwise difficult-to-digest organic materials. These same traits support important ecological functions but can also make dermestids significant pests of stored products, textiles and biological collections. The aim of this review was to summarize the feeding characteristics of Dermestidae and relate differences in diet and life stage to their economic, ecological and forensic importance. Available scientific and professional literature on dermestid biology, feeding and applied significance was reviewed. The larval stage represents the period of most intensive feeding, with larvae consuming protein- and keratin-rich materials such as skin, hair, feathers and dried animal tissues. Feeding strategies differ among major genera: species of *Dermestes* are primarily associated with animal remains, whereas in *Anthrenus* adults may feed on pollen while larvae damage textiles and materials in biological collections. Larvae of *Attagenus* can utilize textiles, leather, various organic residues and dry grain products, contributing to their economic importance in households, storage facilities and museums. *Dermestes maculatus* and *D. frischii* are among the most important forensic dermestids because they colonize human and animal remains during later stages of decomposition. The reviewed evidence shows that feeding adaptations are central to both the harmful and beneficial roles of Dermestidae. Improved knowledge of species-specific diets, developmental stages and environmental requirements is important for more effective pest management and for more reliable use of dermestid beetles in forensic entomology and osteological preparation.

Key words: Dermestidae, feeding adaptations, keratin, stored-product pests, forensic entomology,osteological preparation

Protozooplankton u vodenim sustavima Rezervata biosfere Mura-Drava-Dunav

BARBARA VLAIČEVIĆ, IVANA TURKOVIĆ ČAKALIĆ

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek

Dopisni autor: barbara.vlaicevic@biologija.unios.hr

Sažetak

UNESCO-ov prekogranični Rezervat biosfere Mura-Drava-Dunav, koji na području Hrvatske obuhvaća dijelove tokova rijeka Mure, Drave i Dunava te zaštićena područja kao što je Park prirode „Kopački rit", najveće je zaštićeno riječno područje u Europi. Ono je bogato iznimno vrijednim prirodnim i kulturnim krajolicima koji su, unatoč izloženosti brojnim antropogenim pritiscima kroz prošlost, ali i danas, uspjeli zadržati veliku biološku raznolikost. Toj bioraznolikosti znatno doprinose i vodena staništa koja su sastavni dio ovog područja, a prvenstveno se odnose na glavne tokove rijeka i njihova poplavna područja na kojima su prisutna različita vodna tijela poput malih jezera, ribnjaka i rukavaca, gdje žive brojne vrste vodenih organizama. Dosadašnja limnološka istraživanja, koja su znatno doprinijela poznavanju bioraznolikosti i razumijevanju ekoloških procesa na ovom području, uglavnom su obuhvatila višestanične organizme, dok su jednostanični organizmi, poput heterotrofnih fagotrofnih protista (nekadašnje praživotinje), ostali zanemareni, iako su važna biološka komponenta slatkovodnih zajednica i obuhvaćaju velik broj različitih vrsta. Naročito je slabo istražena zajednica planktonskih praživotinja na cijelom ovom području. Po prvi puta je provedeno sustavno istraživanje protozooplanktona na šest postaja na području Rezervata biosfere Mura-Drava-Dunav: glavnom toku Drave i obližnjem rukavcu Halaševo nedaleko od Osijeka, glavnom toku Mure i obližnjem rukavcu u općini Podturen te glavnom toku Dunava kod Batine i Sakadaškom jezeru smještenom unutar Parka prirode Kopački rit. Uzorci su prikupljeni od travnja do rujna 2026. godine filtriranjem određenog volumena vode kroz planktonsku mrežicu promjera oka 10 µm. Dio uzoraka je konzerviran za daljnje analize, dok je dio korišten za kvalitativnu analizu praživotinja iz skupina trepetljikaša, golih ameba i sunašca koja je provedena na živom materijalu. Analiza živih praživotinja je pokazala da postoje izrazite sezonske razlike u sastavu protozooplanktona istraživanih vodnih tijela, ali se pojedine postaje znatno razlikuju i unutar iste sezone, neovisno radi li se o tekućici ili stajaćici. U nekim sezonama su stajaćice pokazale znatno manju raznolikost protozooplanktona u odnosu na tekućice. Najveća raznolikost zajednice utvrđena je u kolovozu (52 svojte), a najmanja u lipnju (29 svojti). Trepetljikaši su bili zastupljeni s najvećim brojem svojti, a slijedile su gole amebe i sunašca. Daljnja analiza će dati detaljniji uvid u sastav protozooplanktona istraživanih vodenih sustava te će se utvrditi povezanost planktonskih praživotinja s okolišnim uvjetima. Tako će se moći bolje razumjeti ekološka važnost ovih organizama u vodenim ekosustavima Rezervata biosfere Mura-Drava-Dunav i pružit će se temelj za buduća istraživanja.

Ključne riječi: protozoa, Ciliophora, plankton, Drava, Dunav, zaštita prirode

Zahvala: Istraživanja su provedena u sklopu projekta „Bioindikatori i antropogeni pritisci u vodenim sustavima Rezervata biosfere Mura-Drava-Dunav" (AQUA-BIOPRESS) financiranog sredstvima Europske unije u okviru programa NextGenerationEU.

Protozooplankton in the aquatic systems of the Biosphere Reserve Mura-Drava-Danube

BARBARA VLAIČEVIĆ, IVANA TURKOVIĆ ČAKALIĆ

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia

Corresponding author: barbara.vlaicevic@biologija.unios.hr

Abstract

The UNESCO's Transboundary Biosphere Reserve Mura-Drava-Danube encompasses sections of the Mura, Drava, and Danube Rivers in Croatia, including Kopački rit Nature Park. It is rich in valuable natural and cultural landscapes that, despite being exposed to numerous anthropogenic pressures, both in the past and today, have managed to retain great biodiversity. Aquatic habitats, as an integral part of this area, also contribute significantly to this biodiversity; these primarily comprise the main river channels and their floodplains, featuring various water bodies such as small lakes, fishponds, and side channels that support numerous species of aquatic organisms. Previous limnological studies, which have significantly contributed to knowledge of biodiversity and the understanding of ecological processes in this area, have primarily focused on multicellular organisms, whereas unicellular organisms, such as heterotrophic phagotrophic protists (formerly known as protozoa), have been neglected, despite being an important biological component of freshwater communities and comprising a large number of diverse species. The community of planktonic protozoa across this entire area has been particularly poorly studied. A systematic study of protozooplankton was conducted for the first time at six sites within the Biosphere ReserveMura-Drava-Danube: the Drava main course and the nearby Halaševo side-arm near Osijek, the Mura main course and a nearby side-arm in the Podturen municipality, and the Danube main course near Batina and Lake Sakadaš in Kopački Nature Park. The samples were collected from April to September 2026 by filtering a certain volume of water through a plankton net with a 10 µm mesh diameter. Part of the samples was preserved for further analysis, while part was used for the qualitative analysis of protozoa belonging to ciliates, naked amoebae and heliozoans, carried out on living material. Analysis of living protozoa revealed distinct seasonal differences in the protozooplankton composition of the studied water bodies, however, some sampling sites also differed significantly within the same season, regardless of whether the water body was lotic or lentic. In some seasons, standing waters showed significantly lower protozooplankton diversity compared to flowing waters. The highest diversity of protozooplankton was determined in August (52 taxa), and the lowest in June (29 taxa). Ciliates were represented with the highest number of taxa, followed by naked amoebae and heliozoans. Further analysis will provide detailed insight into the protozooplankton composition of the studied aquatic systems and determine the relationship between planktonic protozoa and environmental conditions. This will enable a better understanding of the ecological importance of these organisms within the aquatic ecosystems of the Mura-Drava-Danube Biosphere Reserve and provide a foundation for future research.

Key words: protozoa, Ciliophora, plankton, Drava, Danube, protection

Acknowledgement: The research was conducted within the project „Bioindicators and anthropogenic pressures in aquatic systems of the Mura-Drava-Danube Biosphere Reserve" (AQUA-BIOPRESS) funded by the European Union under the programme NextGenerationEU.

Izloženost terestričkih oportunističkih ptica mikroplastici i učinci na oksidativni stres

ANJA VLAŠIĆ*, MIRNA VELKI, DORA BJEDOV

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek (*student)

Dopisni autor: anja.vlasic@biologija.unios.hr

Sažetak

Mikroplastika (MP) značajno je okolišno zagađivalo jer uzrokuje brojne probleme u okolišu zbog male veličine i velike količine u okolišu te ju je teško odstraniti. U istraživanjima prisutnosti MP u pticama i njezinih utjecaja na njih najčešće su u fokusu vodene vrste, iako oportunističke terestričke ptice imaju velik potencijal unošenja MP u organizam zbog svojih načina hranjenja. Cilj rada je pregledati dostupnu literaturu o učestalosti MP u određenim vrstama ptica te utjecaju MP na njih. Pregledano je 12 znanstvenih radova o raznim vrstama ptica iz redova Passeriformes, Galliformes, Columbiformes i Gruiformes. Porodica koja se najviše pojavljuje u istraživanjima o utjecajima MP na organizam je Phasianidae (100 %), a o prisutnosti MP u divljim pticama unutar Hirundinidae (37,5 %). U uzorcima divljih ptica MP je najčešće u obliku vlakana. Rijetko se nalaze radovi koji istražuju i izloženost mikroplastici u divljih ptica i njezin učinak. Najčešće se u radovima u kojima se istražuju učinci mikroplastike na organizam gledaju učinci polipropilena (PP) (25 %) i polietilena (PE) (75 %). Pregledani radovi ukazuju na to da većina ptica sadrži MP u svojem organizmu te da ona uzrokuje brojne štetne učinke, najčešće povećanje oksidativnog stresa. Kao biomarkere oksidativnog stresa mjere se reaktivne kisikove jedinke (ROS), vodikov peroksid (H_2O_2), malondialdehid (MDA), superoksid-dismutaza (SOD) i katalaza (CAT) u raznim organima. Buduća istraživanja trebala bi uključivati standardizirane testove kako bi se učinkovitije mogla usporediti učestalost među različitim skupinama te učinci na njih i povezati prisutnost mikroplastike s utjecajima na ptice.

Ključne riječi: prehrana, zagađivala, oksidativni stres, probavni sustav, patologija, zagađenje plastikom

Microplastic exposure in terrestrial opportunistic birds and effects on oxidative stress

ANJA VLAŠIĆ*, MIRNA VELKI, DORA BJEDOV

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia (*student)

Corresponding author: anja.vlasic@biologija.unios.hr

Abstract

Microplastics (MPs) are a significant environmental pollutant because they cause numerous problems in the environment and are difficult to remove due to their small size and high abundance. In studies on the presence of MPs in birds and their effects on them, aquatic species are most commonly the focus, although opportunistic terrestrial birds have a high potential for MP uptake into their organisms due to their feeding habits. The aim of this study is to review the available literature on the prevalence of MPs in certain bird species and the effects of MPs on them. A total of 12 scientific papers on various bird species from the orders Passeriformes, Galliformes, Columbiformes, and Gruiformes were reviewed. The largest number of studies on the effects of MPs on the organism were conducted within the family Phasianidae (100%), whereas studies on the presence of MPs in wild birds most commonly focused on the family Hirundinidae (37.5%). In samples from wild birds, MPs were most commonly present in the form of fibres. Studies investigating both exposure to MPs in wild birds and their effects are rare. The effects of MPs composed of polypropylene (PP) (25%) and polyethylene (PE) (75%) were most commonly investigated. The reviewed studies indicate that most birds contain MPs and that MPs may cause numerous adverse effects, most commonly an increase in oxidative stress. Reactive oxygen species (ROS), hydrogen peroxide (H_2O_2), malondialdehyde (MDA), superoxide dismutase (SOD), and catalase (CAT) measured in various organs are used as biomarkers of oxidative stress. Future research should include standardized tests to enable more effective comparisons of MP prevalence among different groups and their effects, as well as to link the presence of MPs with their effects on birds.

Key words: diet, pollutants, oxidative stress, gastro intestinal tract, pathology, plastic pollution

Domestikacijom uzrokovane promjene olfaktorne rozete europskog grgeča (*Perca fluviatilis*)

RAFAŁ WILD[1]*, KACPER KAWALSKI[1]*, JAKUB MARTYNOW[1]*, BOGUMIŁ ŁOSIEWICZ[1,2]*

[1] Sveučilište prirodnih znanosti u Varšavi, Fakultet za bioekonomiju i prehrambene sustave, Zavod za biologiju okoliša životinja, Ciszewskiego 8/23, Varšava, Poljska (*student Doktorskog studija)
[2] Poljska akademija znanosti, Kielanowski institut za animalnu fiziologiju i prehranu, Zavod za genetičko inženjerstvo, Instytucka 3, Jabłonna, Poljska

Dopisni autor: rafal_wild@sggw.edu.pl

Sažetak

Njuh je jedan od glavnih osjetila u riba s važnom ulogom u pronalaženju hrane, izbjegavanju predatora, prostornoj orijentaciji i komunikaciji. Olfaktorna percepcija uvelike ovisi o organizaciji olfaktorne rozete, čija se morfologija mijenja ovisno o složenosti staništa i dostupnosti kemijskih podražaja. Uvjeti ribnjaka znatno se razlikuju od heterogenijih okoliša u pogledu strukture staništa i osjetilne stimulacije. Recirkulacijski akvakulturni sustavi (RAS) osiguravaju stabilne fizikalne i kemijske uvjete i manje promjena u okolišu, što tijekom više generacija može utjecati na morfologiju osjetilnih organa. Unatoč sve većem značaju europskog grgeča (*Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758) u intenzivnom ribarstvu, promjene na olfaktornom organu nastale u uvjetima intenzivog uzgoja još uvijek su nedovoljno istražene. Cilj istraživanja bio je usporediti morfologiju olfaktorne rozete domestificiranih grgeča uzgojenih u RAS-u i jedinki uzgojenih u prirodnim ribnjacima. Olfaktorne rozete prikupljene su od domestificiranih grgeča uzgojenih u RAS-u i jedinki uzgojenih u ribnjacima (n = 25 po skupini). Uzorci su konzervirani u Bouinovom fiksativu, obrađeni standardnim parafinskim histološkim postupkom, rezani i obojeni hematoksilinom i eozinom (HE). Morfometrijska analiza uključivala je visinu olfaktornog epitela, visinu sloja bazalnih stanica, širinu jezgre lamele, ukupnu širinu lamele i širinu središnjeg raphea. Bojenje Alcian Blue/Periodic Acid–Schiff (AB/PAS) korišteno je za razlikovanje kiselih i neutralnih mucina u mukoznim stanicama. Rezultati upućuju da je olfaktorna rozeta bila slična u obje skupine, pri čemu su se lamele radijalno pružale iz središnjeg raphea. Domestificirani grgeči imali su pravilnije oblikovane i ujednačenije raspoređene lamele, kompaktniju jezgru vezivnog tkiva i izraženiju vaskularizaciju. Kod riba uzgojenih u intenzivnim ribnjacima lamele su bile heterogenije i nepravilnijeg oblika, uz manje kompaktnu stromalnu organizaciju. Olfaktorni epitel domestificiranih riba bio je kompaktniji i ujednačenije organiziran, dok je kod riba iz prirodnog ribnjaka uočena veća strukturna heterogenost. Morfometrijska analiza pokazala je značajno veću visinu olfaktornog epitela kod riba iz prirodnog ribnjaka, dok su domestificirane ribe imale veću visinu sloja bazalnih stanica, širinu jezgre lamele, ukupnu širinu lamele i širinu raphea. AB/PAS bojenje pokazalo je veću brojnost mukoznih stanica kod domestificiranih riba, uz izraženu prisutnost kiselih mucina, dok su ribe iz prirodnog ribnjaka imale veći udio neutralnih mucina i heterogeniji sastav mukoznih stanica. Uočene razlike upućuju na povezanost uvjeta uzgoja s različitim morfološkim obilježjima olfaktorne rozete europskog grgeča. Ove promjene mogu odražavati morfološku plastičnost olfaktornog organa kao odgovor na različite okolišne uvjete te predstavljaju osnovu za daljnja istraživanja odnosa između njegove strukture i funkcije kod domestificiranih riba.

Ključne riječi: akvakultura, okoliš, histologija, morfologija njušnog sustava

Domestication-induced changes in the olfactory rosette of European perch (*Perca fluviatilis*)

RAFAŁ WILD[1]*, KACPER KAWALSKI[1]*, JAKUB MARTYNOW[1]*, BOGUMIŁ ŁOSIEWICZ[1,2]*

[1] Warsaw University of Life Sciences, Faculty of Bioeconomy and Food Systems, Department of Animal Environment Biology, Ciszewskiego 8/23, Warsaw, Poland (*PhD student)
[2] Polish Academy of Sciences, Kielanowski Institute of Animal Physiology and Nutrition, Department of Genetic Engineering, Instytucka 3, Jabłonna, Poland

Corresponding author: rafal_wild@sggw.edu.pl

Abstract

Olfaction is a major sensory modality in fish and plays an important role in food detection, predator avoidance, orientation, and intraspecific communication. The efficiency of olfactory perception depends largely on the organisation of the olfactory rosette, whose morphology may vary in response to habitat complexity and chemical stimuli. Aquaculture conditions differ substantially from more heterogeneous environments in terms of habitat structure and sensory stimulation. Recirculating aquaculture systems (RAS) provide stable physical and chemical conditions and reduced environmental variability, which may influence olfactory organ morphology over generations. Despite the increasing importance of European perch (*Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758) in intensive aquaculture, potential changes in its olfactory organ in correlation with the environment remain poorly understood. Therefore, the aim of this study was to compare olfactory rosette morphology in domesticated RAS-reared and pond-reared European perch. Olfactory rosettes were collected from domesticated RAS-reared and pond-reared European perch (n = 25 per population). Samples of olfactory rosettes were fixed in Bouin's fixative, processed using standard paraffin histology, sectioned and stained with haematoxylin and eosin (HE). Morphometric analysis included olfactory epithelium height, basal cell layer height, lamellar core width, total lamellar width and central raphe width. Alcian Blue/Periodic Acid–Schiff (AB/PAS) staining differentiated acidic and neutral mucins in mucous cells. Differences between groups were analysed. The general organisation of the olfactory rosette was similar in both groups, with lamellae extending radially from a central raphe. Domesticated perch displayed more regularly shaped and uniformly arranged lamellae, a more compact connective tissue core and more pronounced vascularisation. Pond-reared fish showed more heterogeneous and irregular lamellae with less compact stromal organisation. The olfactory epithelium of domesticated fish appeared more compact and uniformly organised, whereas greater structural heterogeneity was observed in pond-reared individuals. Morphometric analysis showed significantly greater olfactory epithelium height in pond-reared fish, whereas domesticated fish exhibited greater basal cell layer height, lamellar core width, total lamellar width and raphe width. AB/PAS staining indicated a higher abundance of mucous cells in domesticated fish, with acidic mucins being prominent, whereas pond-reared fish showed a greater contribution of neutral mucins and more heterogeneous mucous cell composition. Overall, the observed differences indicate that the rearing environment is associated with distinct morphological characteristics of the European perch olfactory rosette. These changes may reflect morphological plasticity in response to contrasting environmental conditions and provide a basis for further studies linking olfactory structure with function in domesticated fish.

Key words: aquaculture, environment, histology, olfactory organ morphology

Primjena računalnog vida u automatiziranoj analizi faune skokuna (Collembola): Potencijal za monitoring mezofaune poplavnih ekosustava

JANA ZADRO[1]*, TAMARA ĐERĐ[1], DOMAGOJ K. HACKENBERGER[2], BRANIMIR K. HACKENBERGER[1]

[1] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek (*student)
[2] Institut Ruđer Bošković, Bijenička cesta 54, Zagreb

Dopisni autor: janazadro@gmail.com

Sažetak

Poplavni ekosustavi se odlikuju izraženom prostornom i vremenskom promjenjivošću okolišnih uvjeta, a promjene hidrološkog režima, vlažnosti tla i dostupnosti organske tvari znatno utječu na sastav i strukturu zajednica tla. Skokuni (Collembola) su važna sastavnica mezofaune tla, uključena u razgradnju organske tvari, kruženje hranjivih tvari i regulaciju mikrobnih zajednica. Zbog osjetljivosti na promjene okolišnih uvjeta, njihove zajednice su korisni pokazatelji stanja staništa. Standardna analiza Collembola uključuje izdvajanje jedinki iz uzoraka, mikroskopski pregled, identifikaciju i ručna mjerenja, koja su pri velikom broju jedinki dugotrajna. Računalni vid i duboko učenje pružaju alate za automatizaciju pojedinih koraka analize bioloških uzoraka, od detekcije organizama do segmentacije tijela i određivanja morfometrijskih značajki. Cilj ovog rada je prikazati postupak automatizirane analize Collembola metodama računalnog vida i razmotriti njegovu primjenu u monitoringu mezofaune poplavnih ekosustava, uključujući Kopački rit. Iz digitalnih snimki jedinki Collembola izdvojeno je ukupno 598 regija interesa (ROI). Za automatsku detekciju jedinki primijenjen je model temeljen na arhitekturi YOLO, nakon čega je tijelo segmentirano i opisano konturom. Na temelju konture postupak automatski određuje duljinu, širinu i površinu tijela te procjenjuje volumen. Trup se posebno izdvaja kako bi se smanjio utjecaj ekstremiteta, ticala i drugih izdanaka na morfometrijska mjerenja. Rezultati se za svaku jedinku pohranjuju u tabličnom obliku, prikladnom za statističku obradu i usporedbu velikog broja jedinki. Razvijeni postupak povezuje klasičnu analizu mezofaune s automatiziranom obradom slike i objedinjuje detekciju, segmentaciju i morfometriju u jedinstven slijed obrade. Za primjenu u monitoringu ključna je usporedba automatskih mjerenja s ručnim mjerenjima te provjera postupka na uzorcima s terena. U istraživanjima poplavnih područja postupak bi olakšao obradu velikog broja jedinki i omogućio usporedbu morfometrijskih obilježja Collembola između staništa različitih hidroloških uvjeta. Takav alat bi dopunio standardne metode istraživanja mezofaune u dugoročnom monitoringu osjetljivih poplavnih ekosustava poput Kopačkog rita.

Ključne riječi: Collembola, računalni vid, duboko učenje, YOLO, morfometrija, mezofauna tla, Kopački rit

Computer vision in automated analysis of springtails (Collembola) fauna: Potential for monitoring soil mesofauna in floodplain ecosystems

JANA ZADRO[1]*, TAMARA ĐERĐ[1], DOMAGOJ K. HACKENBERGER[2], BRANIMIR K. HACKENBERGER[1]

[1] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia (*student)
[2] Ruđer Bošković Institute, Bijenička cesta 54, Zagreb, Croatia

Corresponding author: janazadro@gmail.com

Abstract
Floodplain ecosystems show pronounced spatial and temporal variability in environmental conditions, and changes in hydrological regime, soil moisture and organic matter availability substantially affect soil communities. Springtails (Collembola) are an important component of soil mesofauna, involved in organic matter decomposition, nutrient cycling and regulation of microbial communities. Owing to their sensitivity to environmental change, they are useful indicators of habitat condition. Standard analysis involves extraction of individuals, microscopic examination, identification and manual measurement, which is time-consuming for large numbers of individuals. Computer vision and deep learning allow automation of individual analytical steps, from organism detection to body segmentation and morphometry. This study presents a procedure for automated analysis of Collembola using computer vision and considers its application in monitoring soil mesofauna of floodplain ecosystems, including Kopački Rit. A total of 598 regions of interest (ROIs) were extracted from digital images of Collembola. Individuals were detected with a YOLO-based model, and each body was segmented and described by its contour. From the contour, the procedure automatically determines body length, width and area and estimates body volume. The trunk is extracted separately to reduce the influence of appendages and antennae on measurements. Results for each individual are stored in tabular form suitable for statistical analysis. The procedure links conventional mesofauna analysis with automated image processing and combines detection, segmentation and morphometry in a single pipeline. Before use in monitoring, automated measurements need to be compared with manual measurements and validated on field samples. In floodplain research, the procedure could speed up processing of large samples and enable comparison of Collembola morphometric traits among habitats with different hydrological conditions, complementing standard methods in long-term monitoring of sensitive floodplain ecosystems such as Kopački Rit.

Key words: Collembola, computer vision, deep learning, YOLO, morphometry, soil mesofauna, Kopački rit

Kritično trajanje poplave za gujavice močvarnih staništa: DEB motiviran teorijski pristup

JANA ZADRO[1]*, TAMARA ĐERĐ[1], DOMAGOJ K. HACKENBERGER[2], DAVORKA K. HACKENBERGER[1], BRANIMIR K. HACKENBERGER[1]

[1] Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek (*student)
[2] Institut Ruđer Bošković, Bijenička cesta 54, Zagreb

Dopisni autor: janazadro@gmail.com

Sažetak

Gujavice (Lumbricidae) su važni inženjeri ekosustava tla, ali u poplavnim staništima njihov opstanak ograničava plavljenje, tijekom kojeg jedinke ne uzimaju hranu, a opskrba kisikom se smanjuje. Učinak poplave se najčešće opisuje trajanjem plavljenja, iako jednako duga poplava može imati različite posljedice ovisno o godišnjem dobu, veličini jedinki i njihovom stanju prije poplave. Cilj ovog rada je prikazati teorijski okvir koji iz energijskog proračuna jedinke izvodi kritično trajanje poplave i povezuje ga s dinamikom populacije duž visinskog gradijenta poplavnog područja. Tijekom poplave model pretpostavlja prestanak hranjenja, rasta i razmnožavanja te podmirivanje troškova održavanja iz pričuve uz metaboličku depresiju. Opskrba kisikom kroz površinu tijela raste s kvadratom duljine, a potrebe s njezinim kubom, pa jedinke veće od kritične duljine dio energije dobivaju manje učinkovitim anaerobnim metabolizmom. Kritično trajanje poplave je vrijeme do pada gustoće pričuve ispod praga preživljavanja. Preživljavanje i oporavak pričuve nakon poplave ulaze u stadijski strukturiran model s kokonima, juvenilnim i odraslim jedinkama. Na razini krajobraza vodostaj određuje trajanje i vrijeme plavljenja na različitim visinama, a nepoplavljene uzvisine su izvor ponovnog naseljavanja. Iz modela proizlazi da kritično trajanje poplave opada s temperaturom vode iz dva razloga: rastu metaboličke potrebe, a topljivost kisika pada. Ljetne poplave bi stoga bile štetnije od jednako dugih proljetnih, velike jedinke osjetljivije od malih, a suša prije poplave bi skraćivala kritično trajanje. Okvir postavlja i hipotezu da opstanak populacije na zadanoj visini više ovisi o vremenu i rasporedu poplava nego o ukupnom broju poplavljenih dana. Te hipoteze su provjerljive laboratorijskim pokusima potapanja i uzorkovanjem duž visinskog gradijenta Kopačkog rita.

Ključne riječi: gujavice, dinamički energijski proračun (DEB), poplavni puls, hipoksija, stabilnost populacije, Kopački rit

Critical flood duration for earthworms of wetland habitats: A DEB-inspired theoretical approach

JANA ZADRO[1]*, TAMARA ĐERĐ[1], DOMAGOJ K. HACKENBERGER[2], DAVORKA K. HACKENBERGER[1], BRANIMIR K. HACKENBERGER[1]

[1] Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia (*student)
[2] Ruđer Bošković Institute, Bijenička cesta 54, Zagreb, Croatia

Corresponding author: janazadro@gmail.com

Abstract

Earthworms (Lumbricidae) are important soil ecosystem engineers, but in floodplain habitats their persistence is limited by flooding, during which individuals do not feed and oxygen supply declines. Flood effects are usually described by flood duration, although floods of equal duration may have different consequences depending on season, body size and the condition of individuals before flooding. The aim of this study is to present a theoretical framework that derives the critical flood duration from the energy budget of an individual and links it to population dynamics along the elevation gradient of a floodplain. During flooding, the model assumes that feeding, growth and reproduction cease and that maintenance costs are paid from reserve under metabolic depression. Oxygen supply through the body surface scales with squared length, whereas demand scales with its cube, so individuals larger than a critical length obtain part of their energy through less efficient anaerobic metabolism. Critical flood duration is the time until reserve density falls below a survival threshold. Survival and post-flood reserve recovery enter a stage-structured model with cocoons, juveniles and adults. At the landscape level, water level determines flood duration and timing at different elevations, and unflooded ridges act as sources of recolonisation. The model implies that critical flood duration decreases with water temperature for two reasons: metabolic demand increases and oxygen solubility decreases. Summer floods would therefore be more harmful than spring floods of equal duration, large individuals more sensitive than small ones, and drought before flooding would shorten critical duration. The framework also proposes that population persistence at a given elevation depends more on flood timing and distribution than on the total number of flooded days. These hypotheses can be tested by submergence experiments and sampling along the elevation gradient of Kopački rit.

Key words: earthworms, Dynamic Energy Budget (DEB), flood pulse, hypoxia, population stability, Kopački rit

Thinking Gnomon: Iskustveno istraživanje vremena u prirodnom prostoru

TOMISLAV ŽIC, IVANA ŠTIBI

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za fiziku, Trg Ljudevita Gaja 6, Osijek

Dopisni autor: tzic@fizika.unios.hr

Sažetak

Prirodni prostor omogućuje neposredno opažanje periodičnih pojava povezanih s rotacijom Zemlje i njezinim gibanjem oko Sunca, koje se očituju u prividnom dnevnom i godišnjem gibanju Sunca na nebeskom svodu. Iako su ti prirodni ciklusi temelj određivanja vremena, u suvremenom se životu vrijeme najčešće očitava kao apstraktna numerička informacija na konvencionalnom satu, bez neposrednog povezivanja s položajem Sunca, geografskim prostorom i promjenama u prirodi. Cilj rada je razviti lokacijski specifičan interpretacijsko-edukacijski sadržaj za Kopački rit koji omogućuje iskustveno i interdisciplinarno istraživanje vremena u prirodnom prostoru. Za odabranu lokaciju Prezentacijsko-edukacijskog centra Kopački rit izrađen je model analematskog sunčanog sata prilagođen njezinu geografskom položaju. Proračunate su dimenzije analematske elipse, položaji satnih oznaka, godišnja datumska skala i analematska krivulja te definirani prostorni položaji i mjere svih elemenata potrebnih za izvedbu sata. Model omogućuje određivanje građanskog vremena iz Sunčeva vremena uz odgovarajuće korekcije, uključujući jednadžbu vremena. Time je analematski sunčani sat oblikovan kao funkcionalni mjerni instrument i trajni interpretacijsko-edukacijski sadržaj integriran u prirodni prostor Centra. Edukativno-istraživačka primjena sata razvijena je kroz koncept *Thinking Gnomon*. Posebnost analematskog sunčanog sata omogućuje posjetitelju da vlastitim tijelom preuzme funkciju pomičnog gnomona. Određivanjem položaja prema datumu, predviđanjem i opažanjem smjera vlastite sjene te očitavanjem vremena na analematskoj elipsi posjetitelj iz promatrača prelazi u aktivnog sudionika mjernog sustava. Pitanja zašto se položaj gnomona tijekom godine mijenja, zašto sjena poprima određeni smjer te zašto se građansko podne razlikuje od pravog Sunčeva podneva povezuju neposredno iskustvo s fizikalnim, astronomskim, geografskim i matematičkim objašnjenjima. Predložena aktivnost povezuje opažanje, predviđanje, pozicioniranje, mjerenje i interpretaciju, pri čemu prirodni prostor postaje i okruženje i sastavnica istraživanja. *Thinking Gnomon* pritom uspostavlja neposrednu vezu između čovjeka, prirode i vremena: umjesto da protok vremena prati isključivo kroz brojčane vrijednosti na konvencionalnom satu, sudionik ga doživljava kroz opažljive promjene položaja Sunca i vlastite sjene te dnevne i godišnje ritmove. Vrijeme se tako interpretira kao poveznica čovjeka i prirode – promjene u prirodnom okolišu omogućuju njegov doživljaj, a analematski sunčani sat njegovo mjerenje. Sudionik vlastitim položajem i sjenom istodobno postaje promatrač prirodnih promjena i sastavni dio instrumenta kojim ih povezuje s mjerenjem vremena. Predloženo rješenje može predstavljati novi interpretacijsko-edukacijski sadržaj Prezentacijsko-edukacijskog centra Kopački rit, usmjeren iskustvenom razumijevanju prirodnih pojava i interdisciplinarnom učenju u prirodnom prostoru.

Ključne riječi: Thinking Gnomon, iskustveno učenje, vrijeme, interpretacija prirodnog prostora, analematski sunčani sat

Thinking Gnomon: Experiential Exploration of Time in a Natural Environment

TOMISLAV ŽIC, IVANA ŠTIBI

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Physics, Trg Ljudevita Gaja 6, Osijek, Croatia

Corresponding author: tzic@fizika.unios.hr

Abstract

Natural environments enable direct observation of periodic phenomena associated with Earth's rotation and revolution around the Sun, manifested in the apparent daily and annual motion of the Sun. Although these natural cycles underpin the measurement of time, contemporary life predominantly presents time as abstract numerical information displayed by conventional clocks, detached from direct connections with the Sun's position, geographical location, and observable changes in nature. This activity aims to develop a site-specific interpretive and educational feature for the Kopački Rit Presentation and Education Centre (KRPEC), enabling experiential and interdisciplinary exploration of time in a natural environment. A model of an analemmatic sundial was developed and adapted to the geographical position of KRPEC. The dimensions of the analemmatic ellipse, hour-marker positions, annual date scale, and analemma were calculated, and the spatial positions and dimensions of all elements required for its construction were defined. The model enables civil time to be determined from solar time using appropriate corrections, including the Equation of Time. The analemmatic sundial is thereby conceived as both a functional measuring instrument and a permanent interpretive and educational feature integrated into the KRPEC's natural setting. The educational and investigative use of the sundial is developed through the *Thinking Gnomon* concept. A distinctive feature of the analemmatic sundial allows observers to use their own bodies as a movable gnomon. By determining their position according to the date, predicting and observing the direction of their shadow, and reading time from the analemmatic ellipse, observers move from passive to active participants in the measurement system. The proposed activity integrates observation, prediction, positioning, measurement, and interpretation, making the natural environment both the setting and an integral component of investigation. *Thinking Gnomon* establishes a direct relationship between humans, nature, and time: rather than experiencing the passage of time solely through numerical values displayed by conventional clocks, observers encounter it through changes in the Sun's position, their own shadow, and daily and annual rhythms. Time is thus interpreted as a link between humans and nature: changes in the natural environment enable its experience, while the analemmatic sundial enables its measurement. Through their own position and shadow, participants simultaneously become observers of natural change and components of the instrument that connects such change with the measurement of time. The proposed solution provides a new interpretive and educational feature for the KRPEC, supporting experiential understanding of natural phenomena and interdisciplinary learning in a natural environment.

Key words: Thinking Gnomon, experiential learning, time, interpretation of natural environments, analemmatic sundial

InvaScan: WebGIS aplikacija za automatiziranu detekciju ambrozije (*Ambrosia artemisiifolia*) i čivitnjače (*Amorpha fruticosa*) u kontinentalnoj Hrvatskoj

IVONA ŽIŽA, BRUNO ĆALETA, DAMJAN HATIĆ, JOSIPA ŽIDOV, IVAN TEKIĆ

Oikon d.o.o. – Institut za primijenjenu ekologiju, Trg senjskih uskoka 1-2, Zagreb

Dopisni autor: itekic@oikon.hr

Sažetak

Cilj rada je prikazati InvaScan, WebGIS aplikaciju za automatiziranu detekciju ambrozije (*Ambrosia artemisiifolia*) i čivitnjače (*Amorpha fruticosa*) sa satelitskih snimaka. Aplikacija je razvijena u sklopu programa ESA PECS. Namijenjena je upraviteljima zaštićenih područja i drugim korisnicima koji nisu stručnjaci za daljinska istraživanja. Korisnik u web pregledniku ocrta područje interesa te odabere vrstu, razdoblje i razinu prostornog detalja. Sustav zatim sam dohvaća i predobrađuje snimke Sentinel-2 (10 m) ili PlanetScope (3 m), pokreće klasifikacijski model i vraća poligone s pripadajućom pouzdanosti detekcije. Rezultat se preuzima kao shapefile. Uz jednokratnu analizu, aplikacija podržava i kontinuirano praćenje zadanog područja u zadanom ritmu. Nalazi se u istom sučelju validiraju potvrđivanjem ili odbacivanjem, uz prilaganje fotografija i GPX tragova, pa terenska provjera služi za naknadno retreniranje modela. Modeli su izrađeni za svaku vrstu i senzor pojedinačno. Kao osnova je korišten Presto, geoprostorni temeljni model naučen na satelitskim vremenskim nizovima. Presto je autoenkoder, mreža koja snimku sažima u kratak brojčani zapis i iz njega je pokušava rekonstruirati. Iz enkoderskog dijela mreže preuzet je samo taj zapis. Na njima je zatim treniran višeslojni perceptron koji svaki piksel razvrstava na ciljnu vrstu ili pozadinu. Za pojedine vrste uz to je korišten i random forest model. Terenska izmjera provedena je bespilotnim letjelicama tijekom razdoblja od 2022-2026. godine u kontinentalnoj Hrvatskoj, na površini od oko 25.000 km². Na snimkama Sentinel-2 ukupna točnost iznosi 96,3 % za ambroziju i 94,9 % za čivitnjaču, uz udio lažno pozitivnih nalaza od približno 3 %. Na snimkama PlanetScope i prostornoj razlučivosti od 3 m model za čivitnjaču postiže F1 0,94 i IoU 0,90 na izdvojenim ispitnim područjima. U srpnju 2026. godine terenska provjera provedena je i u Parku prirode Kopački rit. Model je ondje detektirao manje količine čivitnjače. Područje je uključeno jer obuhvat modela pokriva cijelu kontinentalnu Hrvatsku i jer je Kopački rit jedno od najvažnijih poplavnih područja u zemlji. Čivitnjača se širi gotovo isključivo poplavnom vodom i naseljava poplavne nizine, pa su takva područja i najizloženija. Aplikacija je dovršena i radi nad cijelim područjem obuhvata. Postojeće ograničenje je detekcija mladih i rascjepkanih sastojina, gdje model ostaje konzervativan. Sustav je prenosiv na druga zaštićena područja i na dodatne vrste bez izmjene sučelja.

Ključne riječi: daljinska istraživanja, invazivne strane vrste, geoprostorni temeljni modeli, upravljanje zaštićenim područjima, WebGIS

InvaScan: A WebGIS application for automated detection of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) and false indigo bush (*Amorpha fruticosa*) across continental Croatia

IVONA ŽIŽA, BRUNO ĆALETA, DAMJAN HATIĆ, JOSIPA ŽIDOV, IVAN TEKIĆ

Oikon Ltd. – Institute of Applied Ecology, Trg senjskih uskoka 1-2, Zagreb, Croatia

Corresponding author: itekic@oikon.hr

Abstract

The aim is to present InvaScan, a WebGIS application for automated detection of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) and false indigo bush (*Amorpha fruticosa*) from satellite imagery. The application was developed under the ESA PECS programme. It is intended for protected area managers and other non-specialists in remote sensing. In a web browser the user draws an area of interest and selects species, time range and spatial detail. The system retrieves and preprocesses Sentinel-2 (10 m) or PlanetScope (3 m) imagery, runs the model and returns polygons with a detection confidence. Results download as a shapefile. Single analyses and continuous monitoring at a set interval are both supported. Detections are confirmed or rejected by field staff in the same interface, with photographs and GPX tracks attached. This field evidence feeds later retraining of the models. Models were built separately for each species and sensor. Presto, a geospatial foundation model trained on satellite time series, was used. Presto is an autoencoder. It compresses an image into a short numerical record and reconstructs the image from it. Only that record was taken from the encoder. A multilayer perceptron was then trained on these embeddings to assign each pixel to the species or to background. For some species a random forest was used as well. Field data were collected with unmanned aerial vehicles through 2022-2026 across continental Croatia, about 25,000 km². On Sentinel-2 imagery overall accuracy is 96.3 % for ragweed and 94.9 % for false indigo bush, at a false positive rate of about 3 %. On PlanetScope imagery at 3 m the false indigo bush model reaches F1 0.94 and IoU 0.90 on held-out areas. In July 2026 field verification was carried out in Kopački Rit Nature Park. Small amounts of false indigo bush were detected there. The area was included because the coverage spans all of continental Croatia and Kopački Rit is among the country's most important floodplain areas. False indigo bush spreads almost exclusively by flood water and settles floodplain lowlands, so such areas are the most exposed. The application is finished and runs over the whole coverage area. The remaining limitation is detection of young and fragmented stands, where the model stays conservative. The system is transferable to other protected areas and species without interface changes.

Key words: remote sensing, invasive alien species, geospatial foundation models, protected area management, WebGIS

Preliminarno istraživanje florističke raznolikosti na području Čađavice

EMA ŽUŽENIĆ*, TANJA ŽUNA PFEIFFER, ZORANA KATANIĆ, LJILJANA KRSTIN

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek (*student)

Dopisni autor: lkrstin@biologija.unios.hr

Sažetak

Poznavanje florističke raznolikosti važan je preduvjet za razumijevanje i očuvanje bioraznolikosti. Širenje invazivnih vrsta, promjene u korištenju zemljišta i klimatske promjene mogu značajno utjecati na biljnu raznolikost pojedinog područja. Zbog toga je važno kontinuirano provoditi floristička istraživanja s ciljem praćenja stanja i promjena u sastavu biljnih vrsta. Mjesto Čađavica smješteno je u sjeveroistočnom dijelu Hrvatske, u Virovitičko-podravskoj županiji, na prijelazu između podravske nizine i obronaka Papuka i Krndije. Takav geografski položaj omogućio je razvoj raznolikih prirodnih staništa i bogatstvo biljnih vrsta karakterističnih za nizinska i brežuljkasta područja kontinentalne Hrvatske. U okviru preliminarnog floističkog istraživanja, provedenog tijekom ljeta 2026. godine na užem području Čađavice zabilježeno je ukupno 58 biljnih svojti raspoređenih u 54 roda i 33 porodice. Najzastupljenija porodica bila je Asteraceae s 13 svojti, dok su Poaceae, Cyperaceae i Caryophyllaceae bile zastupljene svaka sa po tri svojte. U istraživanoj flori prevladavale su zeljaste biljke, kojih je zabilježeno 54, dok su dvije svojte bile drvenaste, a dvije grmolike. Od ukupnog broja zabilježenih svojti, 43 pripadaju autohtonoj, a 15 alohtonoj flori. Među alohtonim svojtama utvrđenesu i invazivne vrste: *Amaranthus retroflexus*, *Asclepias syriaca*, *Solidago gigantea*, *Conyza canadensis*, *Xanthium strumarium*, *Erigeron annuus*, *Echinocystis lobata*, *Robinia pseudoacacia* i *Phytolacca americana*. Dobiveni rezultati pružaju uvid u floristički sastav istraživanog područja te predstavljaju vrijedan temelj za daljnja istraživanja i praćenje promjena u biljnoj raznolikosti Čađavice.

Ključne riječi: flora, autohtone biljke, invazivne biljne vrste

Preliminary research on floristic diversity in the Čađavica area

EMA ŽUŽENIĆ*, TANJA ŽUNA PFEIFFER, ZORANA KATANIĆ, LJILJANA KRSTIN

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Ulica cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia (*student)

Corresponding author: lkrstin@biologija.unios.hr

Abstract

Knowledge of floristic diversity is an important requirement for understanding and protecting biodiversity. Plant diversity is increasingly threatened by the spread of invasive species, changes in land use, and climate change. For this reason, continuous floristic research plays an important role in monitoring the condition of and changes in plant communities. The settlement of Čađavica is located in the north-eastern part of Croatia, in Virovitica-Podravina County, at the transition between the lowland area of the Drava River and the slopes of the Papuk and Krndija mountains. This geographical position has contributed to the development of diverse natural habitats and a rich variety of plant species typical of the lowland and hilly areas of continental Croatia. As part of a preliminary floristic survey carried out during the summer of 2026 in the immediate area of Čađavica, a total of 58 plant taxa were recorded, belonging to 54 genera and 33 families. The most represented family was Asteraceae, with 13 taxa, while Poaceae, Cyperaceae, and Caryophyllaceae were represented by three taxa, each. Herbaceous plants were the most common in the studied flora, with 54 taxa recorded, while two taxa were woody species and two were shrubs. Of the total number of recorded taxa, 43 were indigenous and 15 were alien taxa. Among the alien taxa, invasive species were also identified: *Amaranthus retroflexus*, *Asclepias syriaca*, *Solidago gigantea*, *Conyza canadensis*, *Xanthium strumarium*, *Erigeron annuus*, *Echinocystis lobata*, *Robinia pseudoacacia* and *Phytolacca americana*. The results obtained provide an insight into the floristic composition of the study area and represent a valuable basis for further research and for monitoring changes in plant diversity in Čađavica.

Key words: flora, indigenous plants, invasive plant species

POKROVITELJI / AUSPICES

REPUBLIKA HRVATSKA
Ministarstvo zaštite okoliša
i zelene tranzicije

FOND ZA ZAŠTITU OKOLIŠA I
ENERGETSKU UČINKOVITOST

Zajedno
čuvamo okoliš
Sufinancirano sredstvima Fonda za zaštitu
okoliša i energetsku učinkovitost

Osječko-baranjska
županija

SPONZORI / SPONSORS

LibusoftCicom

BELJE
1697

VALALTA
d.o.o. Rovinj

PARTNERI / PARTNERS

HUAWEI

TECH 4 ALL

Digitalna
verzija
zbornika