

IV. ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP 4th SCIENTIFIC-EXPERT CONFERENCE

*Prilagodbe na klimatske promjene i očuvanje
morskih ekosustava Jadranskog mora
s međunarodnim sudjelovanjem*

*Adaptations to Climate Change and Preservation
of Marine Ecosystems of the Adriatic Sea
with international participation*

Skupom će se obilježiti i 30. obljetnica istraživanja Rogozničkog jezera

*The conference will mark the 30th anniversary of Rogoznica Lake
Zmajev Oke (Dragon's Eye) research*

**Grad Krk, otok Krk, Hrvatska
6.-8. listopada 2023.**

**City of Krk, Krk Island, Croatia,
October 6 to 8, 2023**

KNJIGA SAŽETAKA | BOOK OF ABSTRACTS



Sveučilište u Zadru
Universitas Studiorum
Jadertina | 1396 | 2002 |



KNJIGA SAŽETAKA

IV. ZNANSTVENO-STRUČNOG SKUPA

**Prilagodbe na klimatske promjene i očuvanje morskih ekosustava Jadranskog mora
s međunarodnom sudjelovanjem**

BOOK OF ABSTRACTS

OF THE 4th SCIENTIFIC-EXPERT CONFERENCE

**Adaptations to climate change and preservation of marine ecosystems of the Adriatic Sea
with international participation**

Urednici / Editors

Tatjana Bakran-Petricioli, Tomislav Šarić, Milvana Arko-Pijevac

Tehnička urednica / Technical Editor

Tatjana Bakran-Petricioli

Nakladnik / Publisher

Sveučilište u Zadru
University of Zadar

Zadar, 2023.

ISBN 978-953-331-455-6

(Knjiga sažetaka IV. znanstveno-stručnog skupa Prilagodbe na klimatske promjene i očuvanje
morskih ekosustava Jadranskog mora, Krk, 2023.)

IV. ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP/ 4th SCIENTIFIC-EXPERT CONFERENCE

Prilagodbe na klimatske promjene i očuvanje morskih ekosustava Jadranskog mora
s međunarodnim sudjelovanjem
Skupom se obilježava i 30. obljetnica istraživanjaorskog jezera ZmajevOko kod Rogoznice

Adaptations to climate change and preservation of marine ecosystems of the Adriatic Sea
with international participation
The conference is marking the 30th anniversary of Rogoznica Lake ZmajevOko (Dragon's
Eye) research

Grad Krk, 6. do 8. listopada 2023.
City of Krk, Krk Island, Croatia, 6th to 8th October 2023

KNJIGA SAŽETAKA BOOK OF ABSTRACTS

Urednici / Editors
Tatjana Bakran-Petricioli, Tomislav Šarić, Milvana Arko-Pijevac

Zadar, 2023.

IV. ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP Prilagodbe na klimatske promjene i očuvanje morskih
ekosustava Jadranskog mora SE ODRŽAVA POD POKROVITELJSTVOM PREDSJEDNIKA
REPUBLIKE HRVATSKE ZORANA MILANOVIĆA te MINISTARSTVA GOSPODARSTVA I ODRŽIVOG
RAZVOJA REPUBLIKE HRVATSKE /

THE 4th SCIENTIFIC-EXPERT CONFERENCE Adaptations to climate change and preservation of
marine ecosystems of the Adriatic Sea IS HELD WITH SUPPORT OF THE PRESIDENT OF THE
REPUBLIC OF CROATIA ZORAN MILANOVIĆ and THE MINISTRY OF ECONOMY AND
SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE REPUBLIC OF CROATIA

ORGANIZATORI / ORGANIZATORS

UDRUGA MORSKI OBRAZOVNI CENTAR PULA / MARINE EDUCATION CENTRE PULA
AQUARIUM PULA
ODJEL ZA EKOLOGIJU, AGRONOMIJU I AKVAKULTURU SVEUČILIŠTA U ZADRU / DEPARTMENT
OF ECOLOGY, AGRONOMY AND AQUACULTURE, UNIVERSITY OF ZADAR
INSTITUT RUĐER BOŠKOVIĆ / RUĐER BOŠKOVIĆ INSTITUTE

SUORGANIZATORI / COORGANIZERS

Znanstveno vijeće za prirodoznanstvena istraživanja Jadrana HAZU / Scientific Council for
Adriatic Research, Croatian Academy of Science and Arts
Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci / Faculty of Civil Engineering, University of Rijeka
Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu / Faculty of Civil Engineering, University of Zagreb
Arhitektonski fakultet Sveučilišta u Zagrebu / Faculty of Architecture, University of Zagreb
Prirodoslovni muzej Rijeka / Natural History Museum Rijeka
Javna ustanova Natura Jadera / Public Institution Natura Jadera
Javna ustanova Priroda / Public Institution Priroda
Ponikve eko otok Krk d.o.o. / Ponikve Eko Krk Island Ltd
MareMundi Institut / MareMundi Institute

Podržano od / Supported by
Grad Krk / City of Krk

ORGANIZACIJSKI ODBOR / ORGANIZING COMMITTEE

Milvana Arko-Pijevac, Prirodoslovni muzej Rijeka (Natural History Museum Rijeka),
predsjednica (president)

Izv. prof. dr. sc. Tomislav Šarić, Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu, Sveučilište u
Zadru / Department of Ecology, Agronomy and Aquaculture, University of Zadar

Žana Moslavac, Aquarium Pula

Marta Matić, Ponikve eko otok Krk (Ponikve Eko Krk Island)

ZNANSTVENI ODBOR / SCIENTIFIC COMMITTEE

Prof. dr. sc. Tatjana Bakran-Petricioli, Biološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet
Sveučilišta u Zagrebu / Department of Biology, Faculty of Science, University of Zagreb,
predsjednica (president)

Dr. sc. Nikola Biliškov, Institut Ruđer Bošković, Zagreb; McGill University, Montréal, Kanada /
Ruđer Bošković Institute, Zagreb; McGill University, Montréal, Canada

Izv. prof. dr. sc. Dalibor Carević, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu / Faculty of Civil
Engineering, University of Zagreb

Dr. sc. Irena Ciglenečki Jušić, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Institut Ruđer Bošković
Zagreb / Division for Marine and Environmental Research, Ruđer Bošković Institute, Zagreb

Prof. dr. sc. Dario Đerđa, Katedra za upravno pravo, Pravni fakultet Sveučilišta u Rijeci /
Department of Administrative Law, Faculty of Law, University of Rijeka

Dr. sc. Neven Iveša, Fakultet prirodnih znanosti, Sveučilište Jurja Dobrile u Puli / Faculty of
Natural Sciences, Juraj Dobrile University Pula

Izv. prof. dr. sc. Andrej Jaklin, Centar za istraživanje mora Rovinj Instituta Ruđer Bošković /
Center for Marine Research Rovinj, Ruđer Bošković Institute

Prof. dr. sc. Mirjana Kovačić, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci / Faculty of Maritime
Studies of the University of Rijeka

Prof. dr. sc. Davor Lučić, Institut za more i priobalje Sveučilišta u Dubrovniku / Institute for
Marine and Coastal Research, University of Dubrovnik

Dr.sc. Milena Mičić, Aquarium Pula

Prof. art. Ljubomir Mišćević, Arhitektonski fakultet, Sveučilište u Zagrebu / Faculty of
Architecture, University of Zagreb

Doc dr. sc. Melita Mokos, Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu, Sveučilište u Zadru /
Department of Ecology, Agronomy and Aquaculture, University of Zadar

Doc. dr. sc. Kristina Pikelj, Geološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u
Zagrebu / Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb

Izv. prof. dr. sc. Igor Ružić, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci / Faculty of Civil
Engineering, University of Rijeka

Dr. sc. Vjekoslav Tičina, Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split / Institute of Oceanography
and Fisheries, Split

Dr. sc. Ivica Vilibić, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Institut Ruđer Bošković, Zagreb /
Division for Marine and Environmental Research, Ruđer Bošković Institute, Zagreb

Dr. sc. Barbara Zorica, Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split / Institute of Oceanography
and Fisheries, Split

PREDGOVOR

Udruga Morski obrazovni centar Pula, Aquarium Pula, Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu Sveučilišta u Zadru i Institut Ruđer Bošković organiziraju **IV. znanstveno stručni skup *Prilagodbe na klimatske promjene i očuvanje morskih ekosustava Jadranskog mora***. Skup se nastavlja na predhodna tri održana Skupa u Gradu Krku: *Proširenje ekološke mreže NATURA 2000 na morska područja (sjeverozapadna obala otoka Krka, Riječki zaljev)* 2020. godine, s ciljem očuvanja staništa plemenite periske (*Pinna nobilis*, Linneaus, 1758), *Pismenost (poznavanje i razumijevanje) funkcioniranja ekosustava Jadranskog mora* u 2021. godini i *III. znanstveno stručni skup Klimatske promjene i očuvanje morskih ekosustava Jadranskog mora* u 2022. godini.

S ciljem osvještavanja šire društvene zajednice o utjecaju klimatskih promjena u kombinaciji s drugim pogubnim ljudskim aktivnostima na Jadransko more, a u kontekstu UN-ovog desetljeća oceanske znanosti za održivi razvoj 2021. - 2030. (oceansko desetljeće) u suradnji s relevantnim znanstvenim i edukativnim institucijama u RH organiziramo znanstveno-stručni Skup na temu: ***Prilagodbe na klimatske promjene i očuvanje morskih ekosustava Jadranskog mora*** na kojem će biti razmatrani negativni utjecaji - od djelatnosti čovjeka do klimatskih promjena - na ekosustav Jadranskog mora te moguće prilagodbe brzim promjenama koje se u morima događaju i nužnost provođenja aktivne zaštite morskih ekosustava.

Jadransko more je u odnosu na površine svih mora vrlo malo: čini tek 4,6% ukupne površine Sredozemnog mora. Jadran je poluzatvoreno i plitko more, izrazito osjetljivo na sve intenzivnije utjecaje ljudskih aktivnosti: turizma, ribarstva, pomorskog prometa, marikulture, eksploatacije ugljikovodika, ali i na snažne utjecaje koje donose klimatske promjene. Povećanjem temperature mora u Jadranu se sve više pojavljuju različite nedomicilne termofilne vrste riba, algi, bakterija i želatinoznih organizama. Svjedočimo izrazito visokim temperaturama mora, i do 30°C početkom srpnja 2022. godine, što do sada nije zabilježeno. Sve se češće i ranije pojavljuju cvjetanja fitoplanktona, a razni patogeni uzrokuju veće pomore organizama. Dolazi i do promjene areala rasprostranjenosti vrsta unutar Jadranskog mora te do promjena u dotocima vode i hranjivih tvari rijekama te posljedično i do promjena saliniteta. Podiže se i razina mora, a mijenja se i cirkulacija vode u Jadranu. Djelatnostima čovjeka u more dospijevaju veće količine hranjivih i različitih štetnih tvari koje imaju svojstvo bioakumulacije i biomagnifikacije te postaju dijelom hranidbene mreže.

Jadransko je more prirodni resurs neophodan za život, kako morskih organizama tako i čovjeka. Promjene koje se događaju imaju utjecaj na gospodarstvo i kvalitetu življenja čovjeka te se provođenje aktivne zaštite Jadranskog mora nameće kao nužnost i jedino rješenje koje omogućuje daljnji održivi razvoj. Za to je nužno razumijevanje povezanosti funkcioniranja svih procesa more-kopno te upoznavanje donosilaca odluka sa znanstvenim spoznajama na svim razinama. Vrlo je bitno upoznati i širu društvenu zajednicu uključivo i najmlađe članove s temeljnim znanjima o utjecaju klimatskih promjena na more, procese i živi svijet u njemu te o mogućim posljedicama našeg nedovoljno ozbiljnog shvaćanja te problematike za čovjeka.

Glavne teme Skupa su prilagodbe na klimatske promjene, strategija prilagodbi i mjera za očuvanje staništa i vrsta Jadranskog mora, a posebna sekcija je posvećena prezentaciji rezultata 30 godina istraživanja morskog jezera Zmajev Otok kod Rogoznice.

Skup se sastoji od plenarnih predavanja, usmenih i posterskih izlaganja iz područja prirodnih, biotehničkih, tehničkih i društvenih znanosti prema sljedećim temama:

- Prilagodbe brzim promjenama koje se u morima događaju
- Klimatske promjene i njihov utjecaj u Jadranskom moru
- Zagađenje mora, uključujući buku i biološko zagađenje invazivnim stranim vrstama
- Prekomjerno iskorištavanje morskih resursa
- Mehanička uništavanja staništa i pridnenih zajednica
- Utjecaj klimatskih promjena na morske sustave u školskim programima
- Morski ekosustavi i klimatske promjene u zakonskoj regulativi RH
- Strategija prilagodbi i mjera za očuvanje staništa i vrsta Jadranskog mora
- Dobri primjeri pristupa klimatskim promjenama, moguće prilagodbe i mjere u praksi, plava ekonomija
- Morsko jezero Zmajev Otok kod Rogoznice u vrijeme klimatskih promjena
- Pismenost o oceanu, građanska znanost i sinergija između znanosti i umjetnosti

Jasno definirani zaključci Skupa o značaju razumijevanja funkcioniranja ekosustava Jadranskog mora i potrebi strateškog pristupa prilagodbama klimatskih promjena s mjerama zaštite staništa i vrsta bit će predstavljeni široj javnosti putem medija i dostavljeni odgovornim tijelima na državnoj i regionalnoj razini.

Želimo vam uspješan rad, te ugodno druženje i boravak u Gradu Krku.

Ispred Organizacijskog i Znanstvenog odbora:

Tatjana Bakran-Petricioli, predsjednica

Milvana Arko-Pijevac, predsjednica

FOREWORD

The Marine Education Centre Pula, Aquarium Pula, the Department of Ecology, Agronomy and Aquaculture of the University of Zadar and Ruđer Bošković Institute are organizing the **4th Scientific Expert Meeting on Adaptations to Climate Change and Preservation of Marine Ecosystems of the Adriatic Sea**. The meeting is a continuation of the previous three meetings organized in the City of Krk: *Extension of the ecological network NATURA 2000 to marine areas (northwest coast of the island of Krk, Rijeka Bay)* in 2020 with the aim of preserving habitat of the noble pen shell (*Pinna nobilis*, Linnaeus, 1758), *Literacy (knowledge and understanding) of the functioning of the Adriatic Sea ecosystem* in 2021 and *3rd Scientific Expert Meeting on Climate Change and Preservation of Marine Ecosystems of the Adriatic Sea* in 2022.

To achieve the awareness of the broader social community about the impact of climate change in combination with other negative human activities, and in the context of the UN Decade of Ocean Science for Sustainable Development 2021-2030 (Ocean Decade), we are organizing a scientific-expert conference in cooperation with relevant scientific and educational institutions in Croatia on the topic: **Adaptations to Climate Change and Preservation of Marine Ecosystems in Adriatic Sea**. At the Conference we will discuss the negative impacts - from human activities to climate change - on ecosystems of the Adriatic Sea and possible adaptations to the rapid changes going on in the seas and the necessity of implementation the active protection of marine ecosystems.

The Adriatic Sea is very small in relation to the surface of all seas, it makes up only 4.6% of the total surface of the Mediterranean Sea. The Adriatic is a semi-enclosed and shallow sea, extremely sensitive to the increasingly intense impacts of human activities: tourism, fisheries, maritime transport, mariculture, hydrocarbon exploitation and also to the strong impacts of climate change. We are witnessing that sea temperatures reached 30°C in July 2022, which has not been recorded until nowadays. With the increase in sea temperature in the Adriatic, various non-domicile thermophilic species of fish, algae, bacteria and gelatinous organisms are more frequently appearing. Phytoplankton blooms appear earlier and more frequent, and various pathogens cause mass mortalities of organisms. There is also a change in the abundance and the distribution of species within the Adriatic Sea. The changes are visible in sea currents as well as in inflows of freshwater and nutrients from rivers, resulting in salinity changes. The sea level is also rising, and the circulation of water in the Adriatic is changing. Due to human activities, larger amounts of nutrients and various harmful substances with the tendency of bioaccumulation and biomagnification reach the sea and become part of the food web.

The Adriatic Sea is a natural resource necessary for life, both, for organisms and humans. The changes that are taking place have an impact on the economy and the quality of human life. So, the implementation of active protection of the Adriatic Sea is vital and the only solution to support sustainable development. However, in order to effectively implement the protection of the Adriatic, it is necessary to understand the connection between the functioning of all sea-land processes and to present scientific knowledge to decision-makers at all levels. It is also

important to present basic knowledge about the impact of climate change on the sea, processes and living organisms, and the potential consequences of our insufficient knowledge of this issue for humans to the wider social community, including the youngest members.

The Conference's main topics are climate change, adaptation strategies and measures to preserve the habitats and species of the Adriatic Sea. A special section is dedicated to the presentation of 30 years of research on Rogoznica Lake Zmajev Otok (Dragon's Eye).

The programme of the Conference includes plenary sessions, oral and poster presentations in the field of natural, biotechnical, technical and social sciences according to the following topics:

- Adaptations to rapid changes that are happening in the seas
- Climate change and its impact in the Adriatic Sea
- Marine pollution, including noise and bio pollution with invasive non-indigenous species
- Exploitation and overexploitation of natural marine resources
- Mechanical destruction of marine benthic habitats and benthic communities
- Climate change impact in education programmes at the primary and secondary level
- Marine ecosystems and climate change in the legislation of the Republic of Croatia
- Adaptation strategies and measures for preservation of habitats and species of the Adriatic Sea
- Examples of good approaches to climate change, possible adaptations to climate change and measures in practice, blue economy
- Rogoznica Lake Zmajev Otok (Dragon's Eye) in time of the climate change
- Ocean literacy, Citizen science, and Synergy between Science and Arts

Clearly defined conclusions of the Conference on the importance of these topics will be presented to the general public through the media and brochures, with the aim of raising awareness of the need to implement blue and sustainable development.

We wish you successful and productive discussions, as well as a pleasant stay in the City of Krk.

On behalf of the Scientific and Organizing Committee:

Tatjana Bakran-Petricioli, president

Milvana Arko-Pijevac, president



REPUBLIKA HRVATSKA
PREDSJEDNIK

KLASA: 053-02/23-03/97
URBROJ: 71-06/6-23-02
Zagreb, 26. svibnja 2023.

PRIRODOSLOVNI MUZEJ RIJEKA
gospođa Milvana Arko Pijevac
predsjednica Organizacijskog odbora skupa
„Prilagodbe na klimatske promjene i očuvanje
morskih ekosustava Jadranskog mora“

Poštovana gospođo Arko Pijevac,

zahvaljujem na zamolbi te Vas obavještavam da sam prihvatio pokroviteljstvo nad četvrtim znanstveno-stručnim skupom *Prilagodbe na klimatske promjene i očuvanje morskih ekosustava Jadranskog mora*, koji će biti održan od 6. do 8. listopada 2023. u gradu Krku.

Vjerujem kako će navedeni skup okupiti brojne znanstvenike i stručnjake te svojim održavanjem pridonijeti osvješćivanju javnosti o potrebi očuvanja Jadranskog mora kao prirodnog resursa važnog za održivi razvoj Republike Hrvatske.

Želim Vam puno uspjeha u pripremi i organizaciji skupa *Prilagodbe na klimatske promjene i očuvanje morskih ekosustava Jadranskog mora*, kao i daljnjem radu.

S poštovanjem,

PREDSJEDNIK
REPUBLIKE HRVATSKE

Zoran Milanović





REPUBLIKA HRVATSKA
MINISTARSTVO GOSPODARSTVA
I ODRŽIVOG RAZVOJA

KLASA: 053-01/23-01/118
URBROJ: 517-02-3-4-2-23-2
Zagreb, 27. srpnja 2023.

PRIRODOSLOVNI MUZEJ RIJEKA
n/p gđa Milvana Arko Pijevac

Lorenzov prolaz 1, 51000 Rijeka

PREDMET: Zamolba za pokroviteljstvo IV. znanstveno-stručnog skupa „Prilagodbe na klimatske promjene i očuvanje morskih ekosustava Jadranskog mora“
- *odgovor, dostavlja se*

Poštovani,

u ime Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja (u daljnjem tekstu: Ministarstvo) ovim putem zahvaljujemo na Vašoj zamolbi za pokroviteljstvo IV. znanstveno-stručnog skupa „Prilagodbe na klimatske promjene i očuvanje morskih ekosustava Jadranskog mora“ koji će se održati u Krku od 6. do 8. listopada 2023. te Vas obavještavamo kako Ministarstvo, bez financijskog sudjelovanja, prihvaća pokroviteljstvo nad istim.

Takoder, želimo izraziti podršku, kako u ovoj, tako i u svim aktivnostima koje provodite te Vam želimo puno uspjeha.

S poštovanjem,

GLAVNA TAJNICA MINISTARSTVA

Ivana Šuman

DOSTAVITI:

1. Naslovu,
2. Pismohrani.

SADRŽAJ / CONTENTS

PROGRAM SKUPA / CONGRESS PROGRAMME	1
PLENARNO PREDAVANJE / PLENARY LECTURE	11
USMENE PREZENTACIJE / ORAL PRESENTATIONS	13
SEKCIJA POSVEĆENA 30. OBLJETNICI ISTRAŽIVANJA MORSKOG JEZERA ZMAJEVO OKO KOD ROGOZNICE / SECTION DEVOTED TO THE 30 TH ANNIVERSARY OF ROGOZNICA LAKE ZMAJEVO OKO (DRAGON'S EYE) RESEARCH	90
POSTERSKE PREZENTACIJE / POSTER PRESENTATIONS	112
Kazalo autora / Author index	138

PROGRAM SKUPA

Četvrtak, 5. 10. 2023. Hotel Bor, Šetalište Dražica 5, Krk

10.00 – 20.00 Dolazak i smještaj sudionika

20.00 – 21.00 Piće dobrodošlice i neformalna rasprava u atriju Hotela Bor

Petak, 6. 10. 2023. Velika vijećnica Grada Krka, Trg bana Josipa Jelačića 2, Grad Krk

8.30 -9.30 Dolazak i registracija sudionika, postavljanje postera u atriju Vijećnice

9.30 Otvorenje skupa i uvodni govor

10.00 **Ivan Güttler**, Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb

Plenarno predavanje: Klimatske promjene: zaključci Zbirnog izvješća šestog ciklusa Međuvladinog panela o klimatskim promjenama

Climate change: conclusions of the Synthesis Report of the IPCC Sixth Assessment Report

Usmena priopćenja:

10.45 **Ivica Vilibić, Petra Pranić, Cléa Denamiel**

Sjevernojadranska voda visoke gustoće: što znamo 60 godina nakon pionirskog rada Mire Zore-Armanda

North Adriatic Dense Water: lessons learned since the pioneering work of Mira Zore-Armanda 60 years ago

11.00 **Jelena Dautović, Niki Simonović, Milan Čanković, Mathieu Dutour-Sikirić, Jakica Njire, Davor Lučić, Irena Ciglencečki, Nastjenjka Supić**

Uzroci promjena svojstava i koncentracije organske tvari u sjevernom Jadranu

Drivers of the organic matter properties and dynamics in the northern Adriatic Sea

11.15 **Josip Rubinić, Maja Čuže Denona, Maja Radišić**

Klimatske promjene i interakcije morske i slatke vode u priobalju

Climate change and interactions between sea and freshwater in the coast

11.30 **Igor Ružić, Andrea Tadić, Čedomir Benac**

Erozija i ranjivost žala na poluotoku Loparu (otok Rab, Hrvatska)

Erosion and vulnerability of beaches in Lopar peninsula (Rab Island, Croatia)

11.45 **Tonko Bogovac, Dalibor Carević**

Pomak obalne linije plaže Ploče i Sakarun pri olujnim događajima i budućim ekstremnim razinama mora

Predicting shoreline change on beaches Ploče and Sakarun caused by storm events with future extreme sea level rise

12.00 Pauza za kavu / Pregledavanje postera u atriju Gradske Vijećnice

12.30 Igor Ružić, Andrea Tadić, Čedomir Benac, Nino Krvavica, Vedrana Petrović, Gorana Ljubičić, Dado Jakupović

Ranjivost obale Primorsko-goranske županije zbog podizanja razine mora
Vulnerability of the coast of Primorje-Gorski Kotar County due to sea level rise

12.45 Ivana Zubak Čižmek, Rita Raos, Melita Mokos

Granulometrijski sastav sedimenta u slanoj močvari Karinskog mora
Granulometric composition of sediment in the Karin Sea salt marsh

13.00 Filip Kalinić, Jelena Koritnik, Kristina Pikelj, Dalibor Carević

Primjena pametnih valutica i fotogrametrije u praćenju morfodinamike umjetne plaže Ploče
Application of smart pebbles and photogrammetry in monitoring morphodynamics on the artificial Ploče beach

13.15 Dalibor Carević, Tonko Bogovac

Utjecaj gradnje i održavanja plaža na morski okoliš u Hrvatskoj
The impact of beach construction and maintenance on the marine environment in Croatia

13.30 Branko Kundih

Pravni okvir zaštite i gospodarenja morskim plažama
Legal framework for the protection and management of sea beaches

13.45 Valnea Kerbavčić Degač, Bernarda Krulić Mutavčić, Mladen Viher

Vojne aktivnosti uz očuvanje ekosustava Jadrana
Military activities while preserving the Adriatic ecosystems

14.00 Pauza za ručak

15.15 Ljubomir Mišćević

Prostorno planiranje, urbanizam, arhitektura i zaštita graditeljske baštine u prilagodbi klimatskim promjenama
Physical planning, urbanism, architecture and protection of architectural heritage in adaptations to climate change

15.30 Ljubomir Mišćević

Arhitektura visoke energetske učinkovitosti i ugljična neutralnost u funkciji prilagodbi klimatskim promjenama
Architecture of high energy efficiency and carbon neutrality as a function of adaptation to climate change

- 15.45 **Mirjana Kovačić, Matea Horvat**
Prostorno-planski pristup održivom razvoju obalnog područja Hrvatske
Spatial-planning approach to the sustainable development of the coastal area
- 16.00 **Jelena Bujan, Cleo Bertelsmeier**
Utjecaj mikroklima na ektoterme jadranskih otoka
Unraveling the effects of microclimate on ectotherms in Adriatic islands
- 16.15 **Vjekoslav Tičina**
Klimatske promjene – mogući pokretač promjena u sastavu naselja sitne plave ribe u Jadranu
Climate change as a driver of changes in small pelagic fish assemblages in the Adriatic Sea
- 16.30 **Jakov Dulčić**
Vatrenjača *Pterois miles* (Bennett, 1828) u Jadranskom moru: kratki pregled
Lionfish *Pterois miles* (Bennett, 1828) in the Adriatic Sea: a short overview
- 16.45 **Pauza za kavu / Pregledavanje postera u atriju Gradske Vijećnice**
- 17.15 **Ines Haberle, Domagoj K. Hackenberger, Tamara Djerdj, Lav Bavčević, Sunčana Geček, Branimir K. Hackenberger, Nina Marn, Jasminka Klanjšček, Marija Purgar, Jadranka Pečar Ilić, Tin Klanjšček**
Utjecaj klimatskih promjena na akvakulturu komarče u Sredozemnom moru
Effects of climate change on gilthead sea bream aquaculture in the Mediterranean
- 17.30 **Klara Mičić, Ilenia Sudulić, Milena Mičić**
Životni ciklusi režnjaka (Scyphozoa) u Aquariumu Pula
Life cycles of jellyfish (Scyphozoa) at Aquarium Pula
- 17.45 **Matej Čiuf, Neven Iveša, Moira Buršić, Davorka Turković, Rea Jelenović, Andreja Kokorović, Nicol Delcaro, Paolo Paliaga**
Biološko-ekološke značajke plavog raka (*Callinectes sapidus* Rathbun 1896) u ornitološkom rezervatu Palud – Palù
The biological and ecological features of the blue crab (*Callinectes sapidus* Rathbun 1896) in the Palud - Palù ornithological reserve
- 18.00 **Mirna Šarić, Nela Mandić**
Rasprostranjenost i značajke naselja endemske vrste *Fucus virsoides* J. Agardh (1868) u Novigradskom moru
Distribution and characteristics of colonies of the endemic species *Fucus virsoides* J. Agardh (1868) in the Novigrad Sea

18.15 Jelena Kurtović Mrčelić, Branimir Radun, Silvija Kipson

Pod utjecajem, ali se širi: studija slučaja livade *Cymodocea nodosa* u Natura 2000 području Ušće Cetine

Impacted yet expanding: the case study of *Cymodocea nodosa* meadow in the Natura 2000 site Cetina Estuary

18.30 Rasprava i Zaključci skupa I. dan

19.00 Zajednička večera za sudionike skupa

20.30 Obilazak grada Krka

Subota, 7.10. 2023. Velika vijećnica Grada Krka, Trg bana Josipa Jelačića 2, Grad Krk

8.00 -9.00 Dolazak i registracija sudionika

Usmena priopćenja:

9.00 Nikola Biliškov

Redefinicija uloge znanstvenika u doba klimatske krize

Redefinition of the role of scientists in the age of climate crisis

9.15 Nives Matijaković Mlinarić, Katarina Marušić, Antun Lovro Brkić, Marijan Marciuš, Tamara Aleksandrov Fabijanić, Nenad Tomašić, Atiđa Selmani, Eva Roblegg, Damir Kralj, Ivana Stanić, Branka Njegić Džakula, Jasminka Kontrec

Efekt mikroplastike u sustavu u kojem nastaje CaCO₃ - biomineral skeleta i ljuštura morskih organizama

Effect of microplastics in the system where CaCO₃ is formed - a biomineral of marine organism's skeletons and shells

9.30 Vlatka Filipović Marijić, Tatjana Mijošek, Sara Šariri, Zuzana Redžović, Dušica Ivanković, Ana Gavrilović, Tena Radočaj, Neven Cukrov, Damir Valić, Tomislav Kralj

Utjecaj zagađenja mikroplastikom od slatkovodnih do morskih ekosustava

Impact of microplastic pollution from freshwater to marine ecosystems

9.45 Natalija Špeh, Robert Lončarić

Istraživanje morskog otpada u južnom Jadranu – živi laboratorij Elafitskog arhipelaga

Marine litter survey in the south Adriatic Sea – living lab of Elaphites archipelago

- 10.00 Romina Kraus, Ana Baričević, Antonio Blažina, Marina Brailo Šćepanović, Alin Brajković, Ana Bratoš Cetinić, Dalibor Carević, Arijana Cenov, Marin Glad, Sanja Grđan, Nermin Hasanspahić, Renato Ivče, Tin Kulić, Goran Lončar, Daniela Marić Pfannkuchen, Karlo Maškarić, Josip Mikuš, Đani Mohović, Denis Škalic, Darija Vukić Lušić, Marijana Pećarević
Nužnost monitoringa luka u očuvanju biodiverziteta, gospodarstva i ljudskog zdravlja - projekt ProtectAS
Necessity of port monitoring to preserve biodiversity, economy and human health - ProtectAS project
- 10.15 Darija Vukić Lušić, Arijana Cenov, Marin Glad, Tea Peranić Mehanović, Neven Sučić, Linda Jerinić, Romina Kraus, Dalibor Carević, Tin Kulić, Ana Bratoš Cetinić, Josip Mikuš, Marijana Pećarević
Prisutnost *Vibrio* spp. u morskom okolišu dviju hrvatskih luka – Rijeka i Ploče
The presence of *Vibrio* spp. in the marine environment of two Croatian ports - Rijeka and Ploče
- 10.30 Bojan Hamer, Luca Privileggio, Andrej Jaklin, Dijana Pavičić-Hamer, Maja Maurić Maljković, Ivan Radetić, Vedran Kovačević
Proizvodnja korisne biomase i bioremedijacija morskog okoliša pomoću dagnji *Mytilus galloprovincialis*: studija primjer UPOV Cui Rovinj
Biomass production and marine environment bioremediation using mussels *Mytilus galloprovincialis*: case study UPOV Cui Rovinj
- 10.45 Bojan Hamer, Mirta Smodlaka Tanković, Andrej Jaklin, Dijana Pavičić-Hamer, Maja Maurić Maljković, Ivan Radetić, Jadranka Pelikan, Kristina Pikelj
Utjecaj komunalnog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda Cui na kvalitetu morskih sedimenata rovinjskog priobalnog područja
Impact of communal wastewater treatment plant Cui on marine sediments quality of Rovinj coastal area
- 11.00 Pauza za kavu / Pregledavanje postera u atriju Gradske Vijećnice
- 11.30 Iva Tojčić, Cléa Denamiel, Petra Pranić, Ivica Vilibić
Klimatske promjene u Jadranu na kilometarskoj skali
Atmosphere-ocean kilometer-scale climate changes in the Adriatic Sea
- 11.45 Tin Kulić, Goran Lončar, Dalibor Carević, Romina Kraus, Marijana Pećarević, Karlo Maškarić
Važnost modela cirkulacije mora pri analizi pronosa planktonskih zajednica – primjer luka Ploče i Rijeka
The importance of sea circulation models in the analysis of plankton dispersal – a case study of ports Ploče and Rijeka

- 12.00 Marta Alvir, Ivana Lučin, Lado Kranjčević
Primjena satelitskih tehnologija za analizu onečišćenja u Jadranskom moru
Application of satellite technologies for the analysis of pollution in the Adriatic Sea
- 12.15 Ivana Lučin, Marta Alvir, Siniša Družeta
Utjecaj slivnog područja na kvalitetu morske vode za kupanje u priobalnim područjima
The influence of the catchment area on the bathing water quality in coastal areas
- 12.30 Aljoša Duplić, Gabrijela Šestani
Zaštitom područja do očuvanja Jadrana
Designation of marine protected areas as basis for conservation of Adriatic Sea
- 12.45 Ivna Horvat, Jelena Uroš, Tamara Čimbora Zovko, Ana Kobašić
Što donosi nova EU Uredba o obnovi prirode?
What the new EU Regulation on nature restoration brings?
- 13.00 Žana Moslavac, Manda Papac, Milena Mičić
AQUARIUM PULA - primjer dobre prakse edukacije o moru (2000.–2023.)
AQUARIUM PULA - a good practice example of marine education (2000-2023)
- 13.15 Melita Mokos
Uvođenje obrazovanja o moru u obrazovanje budućih učitelja
Introducing ocean literacy to education of pre-service teachers
- 13.30 Ciril Mlinar Cic
Plemenita periska, *Pinna nobilis* Linnaeus, 1758, nova generacija
Noble Pen Shell, , *Pinna nobilis* Linnaeus, 1758, new generation
- 13.45 Pauza za ručak
- 15.00 Irena Ciglenečki, Marija Marguš, Niki Simonović, Iva Dominović, Milan Čanković, Sarah Mateša, Tatjana Bakran-Petricioli, Donat Petricioli
Što nam govori 30 godina istraživanja Rogozničkog jezera - Zmajeva Oka?
What 30 years of research into Rogoznica Lake - Dragon's Eye tell us?
- 15.15 Kristijan Vidović, Ivana Cohe, Ivana Tucakovic, Sarah Mateša, Marija Marguš, Samo Hočevar, Irena Ciglenečki
Procjena izvora PM_{2.5} na priobalnom području Rogozničkoga jezera: Kemijski sastav, lokalni i regionalni doprinosi te analiza vertikalnog transporta
Source Apportionment of PM_{2.5} at the Coastal Area of Rogoznica Lake: Chemical Composition, Local and Regional Contributions, and Vertical Transport Analysis

- 15.30 Iva Dominović, Mathieu Dutour-Sikirić, Marija Marguš, Tatjana Bakran-Petricioli, Donat Petricioli, Sunčana Geček, Irena Ciglencečki
Morsko jezero Zmajev Oka (Rogoznica): povezanost fizičko-kemijskih parametara i pojave anoksične holomiksije
Marine lake Zmajev oko (Rogoznica): physical and chemical parameters' connection to the anoxic holomixis occurrence
- 15.45 Niki Simonović, Iva Dominović, Marija Marguš, Irena Ciglencečki
Utjecaj okolišnih promjena na dinamiku i svojstva organske tvari u promjenjivom morskom okolišu Rogozničkog jezera
The influence of environmental changes on the dynamics and properties of organic matter in the changing marine environment of Rogoznica Lake
- 16.00 Kristijan Vidović, Irena Grgić, Iva Dominović, Boris Mifka, Samo Hočevar, Asta Gregorič, Balint Alföldy, Irena Ciglencečki
Jedinstveni uvjeti okoline koji potiču stvaranje novih čestica na jezeru Zmajev Oka (Rogoznica) u Hrvatskoj
Unique Environmental Conditions Enhancing New Particle Formation at Dragon Eye (Rogoznica) Marine Lake in Croatia
- 16.15 Boris Mifka, Maja Telišman Prtenjak, Josipa Kuzmić, Milan Čanković, Sarah Mateša, Irena Ciglencečki
Klimatologija taloženja pustinjske prašine u Jadran; biološki odgovor u Rogozničkom jezeru (Zmajev Oka)
Climatology of desert dust deposition in the Adriatic; biological response in Rogoznica lake (Dragon Eye)
- 16.30 Marija Marguš, Marijan Ahel, Milan Čanković, Zrinka Ljubešić, Senka Terzić, Vedranka Hodak Kobasić, Irena Ciglencečki
Dinamika fitoplanktonskih pigmenta u vodenom stupcu morskog Rogozničkog jezera - Zmajeva Oka (Hrvatska)
Phytoplankton pigment dynamics in the water column of marine Rogoznica lake- Zmajev Oka (Croatia)
- 16.45 Donat Petricioli, Tatjana Bakran-Petricioli; Iva Dominović, Irena Ciglencečki
Sukcesija u bentosu morskog jezera Zmajev Oka – prirodan proces u Jezeru ili ubrzani put prema izumiranju?
Benthic succession in marine lake Zmajev Oka – natural process in the Lake or acceleration to extinction?
- 17.00 Jasna Lovrinčević
Suradnja umjetnosti i znanosti na stvaranju boljeg svijeta
Collaboration of art and science to create a better world

17.15 Rasprava i zaključci skupa II. dan i prijedlog teme za 2024. godinu

18.00 Impact factor, znanstveno-muzički sastav IRBa; zatvaranje Skupa

20.00 Zajednička večera (lokacija će biti naknadno oglašena)

Posterska priopćenja:

Kristina Pikelj

Oblikovanje klifa i plaže u mekim stijenama otoka Vrgade i implikacije klimatskih promjena na obalnu eroziju

Development of soft-rock cliff and beach on the Vrgada Island and coastal erosion implications of climate change

Nadia Dunato Pejnović, Čedomir Benac, Kristina Pikelj

Istraživanje morfologije i podrijetla plimskih potkapina na četiri susjedna otoka u sjevernom Jadranu

Exploring the Morphology and Genesis of Tidal Notches on Four Proximate Islands in the Northern Adriatic

Claudio Battelli, Peter Glasnovič

Reproduktivna i vegetativna morfologija dvije nove vrste crvenih alga - *Gelidium adriaticum* (Gelidiales, Gelidiaceae) i *Caulacanthus okamurae* Yamada (Gigartinales, Caulacanthaceae) – sa slovenske obale (Tršćanski zaljev, sjeverni Jadran)

Reproductive and vegetative morphology of two new species of red algae - *Gelidium adriaticum* (Gelidiales, Gelidiaceae) and *Caulacanthus okamurae* Yamada (Gigartinales, Caulacanthaceae) - from the Slovenian coast (Gulf of Trieste, northern Adriatic Sea)

Robert Hofrichter, David Abed-Navandi, Thomas Ederer, Carmen Fontanes Eguiguren, Alexander Heidenbauer, Jessica Högermeyer, Theresa Hoi, Christian Hölzl, Manfred Kappner, Alexius Kaufmann, Michael Kuba, Nikolas Linke, Felix Lumpp, Rouven Metternich, Michaela Michal, Katrin Möckel, Oleg Simakov, Wolfgang Slany, Vladimir Tkalčić, Maximilian Wagner, Helmut Wipplinger, Gert Wörheide, Pauline Zagon

GoDeep: Projekt za proučavanje biološke raznolikosti u i oko Krusija kanala

GoDeep: A Project to Study the Biodiversity in and around the Krusija Channel

Predrag Pale, Lucija Petricoli, Vesna Kezendorf, Marija Vurnek

Projekt Climempower: user driven climate applications empowering regional resilience

Climempower: user driven climate applications empowering regional resilience - project

Davor Lučić, Jakica Njire, Ivana Viočić, Natalia Bojanić

Nove promjene u zajednicama mikrozooplanktona u estuariju rijeke Neretve

New changes in the microzooplankton communities in the estuary of the Neretva River

Maja Novosel

Nove neautohtone vrste mahovnjaka (Bryozoa) u Jadranskom moru

Some new non-indigenous species of Bryozoa in the Adriatic Sea

Donat Petricoli, Tatjana Bakran-Petricoli

Specifične bentoske zajednice u preplavljenim špiljama morskog jezera Zmajev Oka

Specific benthic community in submerged caves of the marine lake Zmajev Oka

Valentina Šebalj, Ivan Župan, Lav Bavčević, Tomislav Šarić, Petar Zuanović

Kondicioniranje jakobove kapice *Pecten jacobaeus* (Linnaeus, 1758) u mrjestilištu

Conditioning of the Mediterranean scallop *Pecten jacobaeus* (Linnaeus, 1758) under hatchery conditions

Andrej Jaklin, Dijana Pavičić-Hamer, Luca Privileggio, Jadranka Pelikan, Daniele Suman, Maja

Maurić Maljković, Hrvoje Labura, Lea Brumnić, Matija Hamer, Nikola Tanković, Bojan Hamer

Predacija plošnjaka *Imogine mediterranea* na dagnji *Mytilus galloprovincialis* kao posljedica pojave IAS-a

Mussel *Mytilus galloprovincialis* predation by flatworm *Imogine mediterranea* as consequence of IAS appearance

Nina Marn, Marko Jusup, S. A. L. M. Kooijman, Tin Klanjšček

Utjecaj okolišnih (hrana, temperatura) i antropogenih (plastika) pritisaka na glavate želve

Effects of environmental (food availability, temperature) and anthropogenic (plastics) pressures on loggerhead turtles

Dejan Kosić

Ponikve eko otok Krk na putu prema CO₂ neutralnosti

Ponikve eco island Krk on the way to CO₂ neutrality

Tatjana Bakran-Petricioli, Donat Petricioli, Lidia Boševski

Projekt MARE MODUL – umjetnička keramička morska staništa – sinergija znanosti i umjetnosti

MARE MODUL Project – artistic ceramic marine habitats – synergy between science and art

Milvana Arko-Pijevac

Muzeji i klimatske promjene

Museums and climate change

Nedjelja, 8. 10. 2023. Stručni izlet u spilju Biserujka

9.00 Okupljanje sudionika ispred hotela Bor, Šetalište Dražica 5, Krk

9.30 Posjet špilji Biserujka, Rudine

PLENARNO PREDAVANJE / PLENARY LECTURE

Klimatske promjene: zaključci Zbirnog izvješća šestog ciklusa Međuvladinog panela o klimatskim promjenama

Ivan Güttler

Državni hidrometeorološki zavod

e-mail: ivan.guettler@cirus.dhz.hr

Međuvladin panel o klimatskim promjenama (IPCC) je osnovan 1988. i do sada je proveo šest ciklusa procjena klimatskih promjena. Njegova uloga je procijeniti znanstvenu, tehničku i socio-ekonomsku literaturu relevantnu za razumijevanje klimatskih promjena, njihovih posljedica i budućih rizika te opcije za prilagodbu i ublažavanje. Zbirno izvješće šestog izvješća o procjeni iz 2023. godine donosi najnovije informacije o (1) trenutačnom statusu i trendovima (2) budućim klimatskim promjenama, rizicima i dugoročnim odgovorima te (3) odgovorima u kratkoročnom razdoblju. U ovom predavanju prikazat će rezultati koji ukazuju na jačanje štetnih učinaka klimatskih promjena uzrokovanih ljudskim djelovanjem. Prikazat će se i kako ograničavanje zagrijavanja na 1,5 °C i 2 °C uključuje brza, dubinska i u većini slučajeva trenutačna smanjenja emisija stakleničkih plinova. Konačno, unatoč problemima zadnjih godina kako što su kontinuirani porast koncentracije svih glavnih stakleničkih plinova u atmosferi, naglasit će se i pozitivnih pomaci u istom razdoblju a koju uključuju ubranu dostupnost obnovljivih izvora energije te jačanje sustava za prilagodbu na klimatske promjene i povezivanje sa zaštitom bioraznolikosti.

Ključne riječi: klimatske promjene, ublažavanje klimatskih promjena, prilagodba na klimatske promjene, gubici i štete, IPCC

Climate change: conclusions of the Synthesis Report of the IPCC Sixth Assessment Report

Ivan Güttler

Croatian Meteorological and Hydrological Service

e-mail: ivan.guettler@cirus.dhz.hr

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) was established in 1988 and has since conducted six assessment cycles on climate change. Its role is to assess the scientific, technical, and socio-economic literature relevant to understanding climate change, its impacts, and future risks, as well as options for adaptation and mitigation. The Synthesis Report of the Sixth Assessment Report published in 2023 provides the latest information on (1) the current status and

trends, (2) future climate changes, risks, and long-term responses, and (3) short-term responses. This presentation will showcase results indicating the intensification of harmful effects of climate change caused by human activities. It will also be presented how limiting warming to 1.5°C and 2°C involves rapid, far-reaching, and in most cases, immediate reductions in greenhouse gas emissions. Finally, despite challenges in recent years, such as the continuous increase in concentrations of all major greenhouse gases in the atmosphere, positive shifts during the same period will also be highlighted, which include accelerated availability of renewable energy sources and the strengthening of adaptation systems to climate change and their linkage with biodiversity conservation.

Key words: climate change, climate change mitigation, climate change adaptation, losses and damages, IPCC

USMENE PREZENTACIJE / ORAL PRESENTATIONS

Sjevernojadranska voda visoke gustoće: što znamo 60 godina nakon pionirskog rada Mire Zore-Armanda

Ivica Vilibić¹, Petra Pranić², Cléa Denamiel¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Bijenička cesta 54, 10000 Zagreb, Hrvatska;* ²*Institut za oceanografiju i ribarstvo, Šetalište I. Meštrovića 63, 21000 Split, Hrvatska*
e-mail: ivica.vilibic@irb.hr

Ovo predavanje daje počast hrvatskoj oceanografkinji Miri Zore-Armanda i njenom pionirskom radu iz 1963. godine o jadranskim vodenim masama, te detaljno opisuje svojstva i promjene Sjevernojadranske vode, vodene mase s najvišom gustoćom u Sredozemlju. Ova vodena masa se stvara za vrijeme izraženih zimskih prodora hladnog zraka nad sjevernim Jadranom, te je poznato da (1) pokreće jadransko-jonsku termohalinu cirkulaciju, (2) donosi kisik i ugljikove spojeve u duboke slojeve Jadrana, te (3) ima značajan utjecaj na fizička i biogeokemijska svojstva cijelog Jadrana. U predavanju se najprije daje pregled novijih istraživanja dinamike Sjevernojadranske vode u svim njenim fazama, od prekondicioniranja, stvaranja, širenja pa do akumuliranja u jadranskim kotlinama. Nakon toga diskutiraju se promjene u izvorišnim svojstvima (temperaturi i salinitetu) Sjevernojadranske vode i povezuju s (1) međugodišnjim i dekadskim oscilacijama jadransko-jonskog bazena, kao i s (2) trendovima termohalinih svojstava koji nastaju zbog klimatskih promjena. Ovi trendovi su naročito značajni u dubokim slojevima južnog Jadrana. U predavanju se također naglašava važnost provođenja dugoročnih mjerenja, dijeljenje istraživačkih podataka, kao i razvoj numeričkih modela atmosfere i oceana, namijenjeni kako istraživanju pojedinačnih događaja za kojih se stvara voda, tako i kvantificiranju trendova i varijabilnosti na dekadskim i klimatskim skalama.

Ključne riječi: Mira Zore-Armanda, vodene mase, Sjevernojadranska voda visoke gustoće, varijabilnost i trendovi

North Adriatic Dense Water: lessons learned since the pioneering work of Mira Zore-Armanda 60 years ago

Ivica Vilibić¹, Petra Pranić², Cléa Denamiel¹

¹*Ruđer Bošković Institute, Division for Marine and Environmental Research, Bijenička cesta 54, 10000 Zagreb, Croatia;* ²*Institute of Oceanography and Fisheries, Šetalište I. Meštrovića 63, 21000 Split, Croatia*
e-mail: ivica.vilibic@irb.hr

This lecture first pays tribute to the famous Croatian oceanographer, Mira Zore-Armanda, and her seminal work on the Adriatic water masses in 1963, and emphasises the importance of the densest Mediterranean water mass: North Adriatic Dense Water (NAddW). This water mass is generated through substantial wintertime surface cooling over the wide northern Adriatic coastal regions and is known to (1) influence the Adriatic-Ionian thermohaline circulation, (2) bring oxygen and carbon to the deep Adriatic layers and, (3) more generally, have a substantial impact on the physics and biogeochemistry of the whole Adriatic. Second, the NAddW physics, from preconditioning, through generation and spreading, to accumulation in Adriatic depressions, is reviewed. Then, the temporal evolution of the NAddW properties influenced and connected to (1) basin-wide interannual and decadal variability and (2) trends towards warmer and saltier source characteristic due to ongoing climate change, is discussed. The trends are particularly substantial in the deepest layers of the Southern Adriatic Pit. Then, the importance of long-term observations and atmosphere-ocean modelling in event, decadal and climate studies, and the availability of research data is then highlighted.

Key words: Mira Zore-Armanda, Adriatic water masses, North Adriatic Dense Water, variability and trends

Uzroci promjena svojstava i koncentracije organske tvari u sjevernom Jadranu

Jelena Dautović¹, Niki Simonović¹, Milan Čanković², Mathieu Dutour-Sikirić¹, Jakica Njire³, Davor Lučić³, Irena Ciglencečki¹, Nastjenjka Supić⁴

¹*Institut Ruđer Bošković, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Bijenička cesta 54, 10000 Zagreb, Republika Hrvatska;* ²*Hrvatska zaklada za znanost, Ilica 24, 10000 Zagreb, Republika Hrvatska;* ³*Sveučilište u Dubrovniku, Institut za more i priobalje, Kneza Damjana Jude 12, 20000 Dubrovnik, Republika Hrvatska;* ⁴*Institut Ruđer Bošković, Centar za istraživanje mora, Giordano Paliaga 5, 52210 Rovinj, Republika Hrvatska*
e-mail: jdautov@irb.hr

Plitko, poluzatvoreno područje sjevernog Jadrana (SJ) pod jakim je utjecajem globalnih promjena koje utječu na funkcioniranje ekosustava, i biogeokemijske procese.

Vremenski i prostorno, uvjeti u SJ su vrlo promjenjivi. Tijekom ljeta stvaraju se obično anticiklonalni vrtlozi, jedan oko postaje SJ107, a drugi u blizini ušća rijeke Po (SJ108). Dinamički uvjeti u području između također su vrlo promjenjivi.

Fokus ovog rada je na dugoročnim promjenama organske tvari (OT), i to otopljenog (eng. Dissolved Organic Carbon, DOC) i partikularnog (eng. Particulate Organic Carbon, POC) organskog ugljika, i njegove površinski aktivne frakcije (PAT), na području najistočnije, centralne i najzapadnije postaje transektu rijeke Po (SJ107, SJ101, SJ108).

Poseban osvrt je na ljetnom razdoblju lipanj-kolovoz kad su izmjerene najviše koncentracije OT. Sadržaj OT koreliran je s protocima rijeke Po, mehanizmom BiOS-a, biološkom aktivnosti i modeliranom primarnom produkcijom. Izračunate su vremenske promjene u prvoj komponenti PCA, reprezentativne za cijelo područje. Korelacije sa sadržajem DOC i POC vrlo su visoke u srpnju između istočnog i zapadnog dijela SJ, što ukazuje kako je porast u oba područja uzrokovan sličnim procesima. Jače promjene POC vidljive su u blizini ušća rijeke Po, ukazujući na izraženiju primarnu produkciju i/ili jaču transformaciju između DOC/POC uslijed promjene saliniteta tj. miješanja slatke i slane vode. Posebno je procijenjen sezonski doprinos zooplanktona promjenama OT.

Keywords: organski ugljik, dugoročne promjene, sjeverni Jadran

Drivers of the organic matter properties and dynamics in the northern Adriatic Sea

Jelena Dautović¹, Niki Simonović¹, Milan Čanković², Mathieu Dutour-Sikirić¹, Jakica Njire³, Davor Lučić³, Irena Ciglencečki¹, Nastjenjka Supić⁴

¹*Ruđer Bošković Institute, Division for Marine and Environmental Research, Bijenička cesta 54, 10000 Zagreb, Croatia;* ²*Croatian Science Foundation, Ilica 24, 10000 Zagreb, Croatia;* ³*University of Dubrovnik, Institute for Marine and Coastal Research, Kneza Damjana Jude 12, 20000*

*Dubrovnik, Croatia; ⁴Ruđer Bošković Institute, Center for Marine Research, Giordano Paliaga 5,
52210 Rovinj, Croatia
e-mail: jdautov@irb.hr*

Shallow, semi-enclosed area of the northern Adriatic (NAd) is affected the most by global change which influence ecosystem's structure and functions, as well as biogeochemical processes.

The NAd conditions are highly variable, both on temporal and spatial scales. Two anticyclonic gyres usually form during the summer, one around station SJ107, the other near the Po delta (SJ108). Between these two locations dynamic conditions seem to be highly variable as well.

We focus on long term changes in organic matter (OM) parameters (dissolved-DOC and particulate organic carbon-POC, and its surface active fraction-SAS) represented by the most eastern, central and the most western part of the Po River transect (SJ107, SJ101, SJ108). Special focus is on June-August interval when OM parameters generally reach their highest values. OM parameters are correlated with the Po River discharge rates, BIOS, biological activity and modelled primary production. Temporal changes in the first component of PCA as representative for the entire area is computed. Correlations between eastern and western part of the NAd are very high regarding DOC and POC content in July, implying that similar forcing drive changes in both regions. Higher POC fluctuations are more expressed near the Po delta, pointing to higher primary production and/or for example larger DOC to POC transformations due to shifts in salinity when fresh and marine waters mix. Seasonal contribution of zooplankton to OM pool is evaluated.

Keywords: Organic carbon, Long-term changes, Northern Adriatic

Klimatske promjene i interakcije morske i slatke vode u priobalju

Josip Rubinić¹, Maja Ćuže Denona², Maja Radišić³

¹GEO - 5, d.o.o. Carera 59, 52.210 Rovinj, Hrvatska; ²JU PP Vransko jezero, Kralja Petra Svačića 2, 23.210 Biograd na Moru, Hrvatska; ³Pomerio 11, 51.000 Rijeka, Hrvatska
e-mail: rubinic.josip@gmail.com

Interakcije morske i slatke vode na kontaktima priobalnih vodonosnika i mora obostrano su prisutne pri čemu je uobičajen modalitet da se u uvjetima smanjenih dotoka i nižih razina mora, more uvlači u dublje dijelove krških vodonosnika, a u uvjetima većih dotoka slatkih voda one otječu u more u vidu koncentriranih dotoka na priobalnim izvorima ili vruljama, ili pak difuznih istjecanja. Rizici od povećanih prodora morske vode u priobalne vodonosnike ili pak površinska vodna tijela (jezera, ušća vodotoka) u uvjetima sve naglašenijih manifestacija klimatskih promjena odavno su prepoznati. Stoga se donose strategije, planiraju i realiziraju mjere prilagodbe koje uglavnom idu za time da se slatke vode zadržavaju na višim razinama, kao i smanje otjecanja slatkih voda prema moru tijekom sušnih razdoblja. Na taj se način mogu smanjiti rizici pojava naglašenijih kritičnih stanja u vodoopskrbi i ekosustavima pojedinih akvatičkih vodnih tijela. No, s druge strane vrlo se malo promišlja o tome kakve posljedice klimatske promjene i mjere prilagodbe za zaštitu slatkovodnih priobalnih sustava i krških vodonosnika mogu imati na priobalna marinska područja i njihove ekosustave koji ovise o dotocima slatkih voda. Naime, povećanje temperature zraka uvjetuje povećanje evaporacije i evapotranspiracije, kao i smanjenje protoka, posebno ako su praćeni i trendovima smanjenja oborina i promjene njihovog unutargodišnjeg rasporeda s naglašenijim dugotrajnim sušnim razdobljima. Na taj način smanjuju se i dotoci slatkih voda u more te mijenjaju abiotički i biotički uvjeti u morskom priobalju.

U radu će, na primjeru Vranskog jezera kod Biograda, biti prikazani hidrološki elementi interakcije jezera i mora, procjene utjecaja klimatskih promjena na smanjenje dotoka u jezerski sustav. Prodiskutirane će biti i mjere zaštite od zaslanjivanja jezerskog sustava, a razmatrane će biti i moguće posljedice na promjenu dotoka slatkih voda u Pirovački zaljev.

Ključne riječi: krški vodonosnici u priobalju, priobalni ekosustavi, hidrološke promjene, prilagodba klimatskim promjenama

Climate change and interactions between sea and freshwater in the coast

Josip Rubinić¹, Maja Ćuže Denona², Maja Radišić³

¹GEO - 5, d.o.o. Carera 59, 52.210 Rovinj, Croatia; ²JU PP Vransko jezero, Kralja Petra Svačića 2, 23.210 Biograd na Moru, Croatia; ³Pomerio 11, 51.000 Rijeka, Croatia
e-mail: rubinic.josip@gmail.com

The interactions of sea and freshwater at the contact of coastal aquifers and the sea are mutually present, whereby the usual modality is that, in conditions of reduced inflows and lower sea levels, the sea is pulled into the deeper parts of the karst aquifers, and in conditions of higher inflows of freshwater, they flow into the sea in the form of concentrated inflows at coastal springs or diffuse outflows. The risks of increased intrusion of seawater into coastal aquifers or surface water bodies (lakes, estuaries) in the circumstances of increasingly pronounced manifestations of climate change have long been recognized. Therefore, strategies are adopted and adaptation measures are planned and implemented, which mainly aim to keep freshwater at higher levels as well as reduce the flow of freshwater towards the sea during dry periods. In this way, the risks of the occurrence of more pronounced critical conditions in the water supply and ecosystems of certain aquatic bodies can be reduced. However, on the other hand, there is very little thought about what consequences climate change and adaptation measures for the protection of freshwater coastal systems and karst aquifers can have on coastal marine areas and their ecosystems that depend on freshwater inflows. Namely, an increase in air temperature causes an increase in evaporation and evapotranspiration as well as a decrease in flow, especially if they are accompanied by trends in precipitation reduction and changes in their annual distribution with more pronounced long-term dry periods. In this way, the inflow of fresh water into the sea is reduced, and the abiotic and biotic conditions in the coastal sea change.

In the paper, using the example of Lake Vrana near Biograd, the hydrological elements of the interaction between the lake and the sea will be presented, as will the assessment of the impact of climate change on the reduction of inflow into the lake system. Protection measures against the salinization of the lake system will also be discussed, and possible consequences for the change in the flow of fresh water into Pirovac Bay will be considered.

Keywords: karst aquifers in the coastal area, coastal ecosystems, hydrological changes, adaptation to climate change

Erozija i ranjivost žala na poluotoku Loparu (otok Rab, Hrvatska)

Igor Ružić, Andrea Tadić, Čedomir Benac
Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet, Radmile Matejčić 3, Rijeka, Hrvatska
e-mail: iruzic@uniri.hr

Poluotok Lopar nalazi se na sjeveroistočnom dijelu otoka Raba (Kvarner, SI kanalski dio Jadranskog mora). To je zaštićeno geomorfološko područje jer je njegov krajolik jedinstven na hrvatskoj obali. To područje sastoji se od fliških sedimentnih stijena iz paleogenskog razdoblja pokrivenih pleistocenskim pjeskovitim lesom.

Reljef je brežuljkast, a kanali brojnih periodičnih vodotoka usječeni su u padine. Većina sedimenata lesa i raspadnuti dio fliških stijena je uklonjen erozijom i transportiran niz padine površinskim tokovima na morsko dno.

Posljedice erozije i akumulacije vrlo su različite uzduž dobro razvedene obale poluotoka. Rtovi su oblikovani u rezistentnim pješčenjacima, a u zaštićenim uvalama nalaze se pješčana žala.

Na temelju usporedbe ortofoto karata različitih generacija, pomaci obalne linije prema kopnu izraženi su u nekim uvalama, a nisu vidljivi u drugim. Oko 3400 m² žala nestalo je tijekom pedeset godina u uvali Sahara. Prema preliminarnim analizama, uzrok brze obalne erozije može biti promjena korištenja zemljišta, ali također nelegalni iskop pijeska s morskog dna. Uzroci ovih pojava trebaju se istražiti budućim analizama.

Ključne riječi: fliš, les, ranjivost obale, žalo, marinska erozija

Erosion and vulnerability of beaches in Lopar peninsula (Rab Island, Croatia)

Igor Ružić, Andrea Tadić, Čedomir Benac
University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering, Radmile Matejčić 3, Rijeka, Croatia
e-mail: iruzic@uniri.hr

Lopar peninsula is located in the north-eastern part of the Rab Island (Kvarner area, NE channel part of the Adriatic Sea). It is a protected geomorphologic area due to its landscape, which is unique on the Croatian coast. This area consists of flysch sedimentary rocks from the Palaeogene, covered by sandy loess from the Pleistocene.

The relief is hilly, and the channels of numerous periodic watercourses have cut into the slopes. Most of the loess sediment and weathered part of the flysch rocks have been removed by erosion and transported down the slopes by surface flows on the seabed.

The effects of erosion and accumulation are very different along highly indented coast of the peninsula. Capes have formed in resistant sandstones, and sandy beaches are found in sheltered coves.

Based on the comparison of orthophoto maps of different generations, the movement of the coastline towards the mainland is pronounced in some coves, while in others this is not visible. In Sahara cove, about 3400 m² of beach has been eroded in fifty years. According to preliminary analyses, the reason for the rapid coastal erosion could be a land use changes, but also illegal seabed sand excavation. The cause of these phenomena calls for more detailed investigations.

Key words: flysch, loess, coastal vulnerability, beach, marine erosion

Pomak obalne linije plaže Ploče i Sakarun pri olujnim događajima i budućim ekstremnim razinama mora

Tonko Bogovac, Dalibor Carević

Građevinski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Fra Andrije Kačića Miošića 26, 10 000 Zagreb

e-mail: tonko.bogovac@grad.unizg.hr

Emisije stakleničkih plinova nedvojbeno uzrokuju i porast srednje razine mora na obali hrvatskog Jadrana. Prema predviđanjima IPCC-a, očekivan porast srednje razine mora je oko 80 cm do kraja stoljeća, ovisno o scenariju budućih emisija. Takav porast dovest će do dugoročnog povlačenja obalne linije prema kopnu, ali i do povećanja iznosa ekstremne razine mora. Ekstremne razine mora postižu se djelovanjem kratkoročnih fenomena koji uzrokuju porast razine mora kao što su olujni uspori, polja niskog tlaka, visoka plima itd. Nastupanjem ekstremne razine mora prilikom olujnog događaja na plaži može doći do značajne preraspodjele sedimenta, a time i do gubitka korisne površine plaže. Plaže Ploče i Sakarun zanimljive su za ispitivanje utjecaja olujnih događaja prilikom budućih ekstremnih porasta razine mora zbog svoje geneze. Plaža Ploče je umjetna šljunčana plaža čija su hidromorfološka svojstva poznata, te se kao umjetna plaža mora oduprijeti valnim uvjetima koji u prirodnom stanju ne omogućuju stvaranje plaže na toj lokaciji. S druge strane, plaža Sakarun prirodna je šljunčana plaža koja opstaje i u danim valnim uvjetima. Cilj ovog rada je predvidjeti pomak obalne linije na plažama Ploče i Sakarun za olujnih događaja prilikom budućih ekstremnih razina mora. Očekuje se nastupanje pomaka obalne linije prema kopnu mjereći na srednjoj razini mora, ali uz akumuliranje materijala na kopnu. U takvim uvjetima bit će nužno redovito održavanje plaža kako bi se materijal vraćao u prvobitni položaj i time osigurala buduća turistička upotreba plaže.

Ključne riječi: Ploče, Sakarun, šljunčane plaže, porast srednje razine mora, obalna linija

Predicting shoreline change on beaches Ploče and Sakarun caused by storm events with future extreme sea level rise

Tonko Bogovac, Dalibor Carević

Faculty of civil engineering, University of Zagreb, Fra Andrije Kačića Miošića 26, 10 000 Zagreb, Croatia

e-mail: tonko.bogovac@grad.unizg.hr

Greenhouse gas emissions (GHG) are undoubtedly causing the increase in mean sea level (MSL) globally and on the eastern Adriatic. According to IPCC, an 80 cm increase in MSL can be expected at the end of century, depending on the GHG emission scenarios. Such an increase in MSL will

cause shoreline retreat as parts of the shore and beaches become permanently submerged, as well as an increase in extreme sea level. Extreme sea level (ESL) occurs as storm surges, high tides and low-pressure fields (and other phenomena) all act to temporarily increase sea level. ESL in combination with a storm event can cause a significant redistribution of sediment on the beach and therefore cause loss of beach area. Beaches Ploče and Sakarun are interesting to explore the impacts of storm events during future ESL on because of their genesis. Ploče is an artificial beach whose hydro morphological properties are well known, and the beach was constructed so to sustain wave conditions which are unsuitable for the development of a natural beach on that location. Sakarun is a natural gravel beach with is sustained in the current wave climate. The aim of this work is to predict the change in shoreline on beaches Ploče and Sakarun for the impacts of storm events during future ESL. It is expected that the shoreline will move towards land at future MSL along with sediment being accumulated on the upper beach. In such conditions beach maintenance practices should account for the redistribution of sediment to insure future use of the beach for tourism.

Key words: Ploče, Sakarun, gravel beaches, mean sea level rise, shoreline

Ranjivost obale Primorsko-goranske županije zbog podizanja razine mora

Igor Ružić¹, Andrea Tadić¹, Čedomir Benac¹, Nino Krvavica¹, Vedrana Petrović², Gorana Ljubičić²,
Dado Jakupović²

¹*Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet, Radmile Matejčić 3, 51000 Rijeka, Hrvatska;* ²*Javna ustanova Zavod za prostorno uređenje Primorsko-goranske županije, Splitska 2/II, 51000 Rijeka, Hrvatska*
e-mail: iruzic@uniri.hr

Porast razine mora jedan je od najskupljih učinaka klimatskih promjena na hrvatsku obalu, te predstavlja veliki rizik za priobalne zajednice i njihovo kulturno naslijeđe. Mnogi vrijedni lokaliteti hrvatske prirodne, povijesne i kulturne baštine smješteni su u blizini morske razine.

Analiza obalne ranjivosti PGŽ-a provedena je pomoću standardno korištenog indeksa obalne ranjivosti (CVI – *Coastal Vulnerability Index*) za svakih 25 m obale ukupne dužine 1.235 km. CVI je definiran na osnovi analize pet varijabli: geološke građe, obalnog nagiba, djelovanja valova, obalnog plavljenja i žala. Klase analiziranih varijabli i zbirne CVI vrijednosti podijeljene su u pet kategorija ranjivosti: veoma niska (1), niska (2), umjerena (3), visoka (4) i veoma visoka (5). Analizirane su i kartirane ranjivosti svake pojedine varijable i ukupne ranjivosti.

Prosječna vrijednost ukupnog CVI-ja PGŽ-a je 2,02 što ukazuje na nisku ranjivost, no 13% analizirane obale (160 km) spada u kategoriju visoke i veoma visoke ranjivosti, što je prilično zabrinjavajuće. Četvrtina obale PGŽ-a (24%) visoke je i veoma visoke obalne ranjivosti u odnosu na obalno plavljenje, što će se povećati na 30%, odnosno 35% obale ako se razina mora podigne za 60, odnosno 120 cm, što je predviđeno Strategijom prilagodbe klimatskim promjenama u Republici Hrvatskoj.

Standardno korištena metodologija procjene obalne ranjivosti prilagođena je razvedenoj i geomorfološki složenoj obali PGŽ-a, te se može primijeniti na čitavoj obali RH.

Ključne riječi: obalna ranjivost, klimatske promjene, rast razine mora

Vulnerability of the coast of Primorje-Gorski Kotar County due to sea level rise

Igor Ružić¹, Andrea Tadić¹, Čedomir Benac¹, Nino Krvavica¹, Vedrana Petrović², Gorana Ljubičić²,
Dado Jakupović²

¹*Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet, Radmile Matejčić 3, 51000 Rijeka, Hrvatska;* ²*Javna ustanova Zavod za prostorno uređenje Primorsko-goranske županije, Splitska 2/II, 51000 Rijeka, Hrvatska*
e-mail: iruzic@uniri.hr

Sea level rise is one of the costliest impacts of climate change for the Croatian coast and poses a great threat to coastal communities and their cultural heritage. Many valuable Croatian natural, historical and cultural heritage sites are located near the sea level.

Coastal vulnerability analysis of Primorje-Gorski Kotar County (PGC) was conducted with the commonly used Coastal Vulnerability Index (CVI), every 25 m of the total 1,235 km of coastline. The CVI was defined based on the analysis of five variables: geological fabric, coastal slope, wave action, coastal flooding and beaches. The analysed variables and the values of the combined CVI were classified into five vulnerability classes: very low (1), low (2), moderate (3), high (4), and very high (5). Each variable and the total vulnerability were analysed and mapped.

The average value of the combined CVI for PGC is 2.02, indicating low vulnerability. However, 13% of the coastline (160 km) is classified with high and very high vulnerability, which is of great concern. One quarter of the PGC coastline (24%) has high or very high vulnerability for coastal flooding. This percentage will increase to 30% and 35% when the sea level rises by 60cm and 120 cm, respectively, which is expected in the Climate change adaptation strategy of the Republic of Croatia.

This standard coastal vulnerability assessment method has been adapted to indented and geomorphologically diverse coastline of PGC, and is therefore suitable for the analysis of the entire Croatian coast.

Key words: coastal vulnerability, climate change, sea level rise

Granulometrijski sastav sedimenta u slanoj močvari Karinskog mora

Ivana Zubak Čižmek, Rita Raos, Melita Mokos

*Sveučilište u Zadru, Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu, Trg kneza Višeslava 9, 23000
Zadar, Hrvatska
e-mail: izubak@unizd.hr*

Slane močvare su prirodno obalno stanište iznimne vrijednosti koje pokriva samo 2.5% površine planeta Zemlje. Pružaju niz usluga ekosustava poput zaštite od poplave i erozije tla, smanjenja eutrofikacije, stabiliziranja obale te pročišćavanja vode. Uz stvaranje uvjeta za razvoj akvakulture, slane močvare osiguravaju zaklon i hranu za juvenilne organizme divljih vrsta. Površina slanah močvara globalno se smanjuje sve većom brzinom kao posljedica antropogenog utjecaja. Gradnjom u neposrednoj blizini slanah močvara, uslijed porasta morske razine, sprječava se prirodni proces njihovog povlačenja prema kopnu. Osim zbog klimatskih promjena, mnogo ovakvih staništa izgubljeno je zbog isušivanja i prenamjene zemljišta, zagađenja i donosa nutrijenata iz agrikulture i raznih tipova industrije. Istovremeno, slane močvare smanjuju učinak klimatskih promjena putem sekvestracije (trajne pohrane) organskog ugljika te predstavljaju jedan od najvećih ponora ugljika na svijetu. Kako bi se procijenio potencijal pohrane organskog ugljika, provedeno je istraživanje granulometrijskog sastava sedimenta jer znanstveni podaci pokazuju da je relativni udio mulja (čestice manje od 0,063 mm) u sedimentu pozitivno koreliran s potencijalom pohrane organskog ugljika u slanim močvarama. S obzirom na to da je proveden mali broj istraživanja ovog staništa na području Republike Hrvatske, rad doprinosi boljem poznavanju slanah močvara i njihovoj zaštiti što je bitno u kontekstu klimatskih promjena, ali i razvoja ribarstva i akvakulture kojima slane močvare uvelike doprinose.

Ključne riječi: slane močvare, plavi ugljik, granulometrijski sastav, sediment, Karinsko more

Granulometric composition of sediment in the Karin Sea salt marsh

Ivana Zubak Čižmek, Rita Raos, Melita Mokos

*University of Zadar, Department of Ecology, Agronomy and Aquaculture, Trg kneza Višeslava 9,
23000 Zadar, Croatia
e-mail: izubak@unizd.hr*

Salt marshes are an exceptional natural coastal habitat that covers only 2.5% of the planet's surface. They provide a variety of ecosystem services such as flood protection and soil erosion, eutrophication reduction, coast stabilization, and water purification. Salt marshes provide shelter and food for juvenile organisms of wild species, in addition to creating conditions for the

development of aquaculture. As a result of anthropogenic influence, the global area of salt marshes is shrinking at an increasing rate. Building in the immediate vicinity of salt marshes prevents the natural process of their retreat towards the land caused by sea level rise. Aside from climate change, many such habitats have been lost due to land drying and conversion, pollution, and nutrient input from agriculture and various types of industry. At the same time, salt marshes mitigate the effects of climate change by sequestering (permanently storing) organic carbon and are one of the world's largest carbon sinks. A study of the granulometric composition of the sediment was conducted to assess the organic carbon storage potential, as scientific data show that the relative proportion of mud (particles smaller than 0.063 mm) in the sediment is positively correlated with the organic carbon storage potential in salt marshes. Given that there have been few studies of this habitat in the Republic of Croatia, the work contributes to a better understanding of salt marshes and their protection, which is important in the context of climate change, but also to the development of fisheries and aquaculture, to which salt marshes contribute significantly.

Keywords: salt marshes, granulometry, blue carbon, sediment, Karlovar Sea

Primjena pametnih valutica i fotogrametrije u praćenju morfodinamike umjetne plaže Ploče

Filip Kalinić¹, Jelena Koritnik², Kristina Pikelj², Dalibor Carević³

¹Odsjek graditeljstva, Tehničko veleučilište u Zagrebu, Vrbik 8, Zagreb; ²Geološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Horvatovac 102a, Zagreb, ³Odjel za hidrotehniku, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Fra Andrije Kačića-Miošića 26, Zagreb
e-mail: kpikelj@geol.pmf.hr

Hrvatska je rastuća turistička destinacija s malim brojem prirodnih plaža. Kako bi se zadovoljila sve veća potreba za njihovim kapacitetima, plaže se proširuju i grade se nove. U tom procesu dohranjivanje plaže je važna praksa koja treba biti efikasna. Kako bi se poboljšala ta efikasnost važno je razumjeti odgovor plaža na valne prilike i moguću pojavu erozije, odnosno poznavati njihovu morfodinamiku. U proljeće 2022. je provedeno istraživanje na plaži Ploče, a korištene metode uključivale su osnovne sedimentološke analize metodu pametnih valutica i digitalnu fotogrametriju. Tijekom perioda praćenja prevladavali su nisko-energetski valni uvjeti bez oluja. Na plaži je primijećeno posipavanje sedimenta prema SZ kao i dominacija nasipanog materijala u istom smjeru. To potvrđuje dominantan transport sedimenta plaže prema SZ. Osim toga, kratkoročne morfološke promjene plaže (dan-dva) ukazuju na prevladavajući utjecaj zapljuskivanja valova. Njihov je doseg ovisan o morskim mijenama, a o njihovoj kombinaciji ovise pozicije bermi. Dugoročne promjene na tjednoj i mjesečnoj razini ukazuju pored dominantnog kretanja materijala prema SZ i na nakupljanje krupnijeg sedimenta u području beach stepa.

Smjerovi kretanja pametnih valutica ne pokazuju specifičan trend, što se smatra posljedicom njihove veličine, nisko-energetskih valnih prilika u periodu praćenja te nisko-energetskih uvjeta na plaži gradnjom pera i valobrana. Posljednje navedeno može dugoročno omogućiti stabilnost umjetne plaže.

Ključne riječi: erozija, šljunak, plaža RFID

Application of smart pebbles and photogrammetry in monitoring morphodynamics on the artificial Ploče beach

Filip Kalinić¹, Jelena Koritnik², Kristina Pikelj², Dalibor Carević³

¹Department of Civil Engineering, University of Applied Sciences, Vrbik 8, Zagreb, Croatia;
²Geology Department, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, Zagreb, Croatia;
³Water Research Department, Faculty of Civil Engineering, University of Zagreb, Fra Andrije Kačića-Miošića 26, 10 000 Zagreb
e-mail: kpikelj@geol.pmf.hr

Croatia is a growing tourist destination with a small number of natural beaches. In order to meet the increasing demand for beach capacity, these are being enlarged and new beaches are being constructed. In this process, beach nourishment is an important practice that should be efficient. To improve its efficiency, it is important to understand the response of beaches to wave conditions and the possible occurrence of erosion, *i.e.*, to know their morphodynamics. A survey was conducted on Ploče beach in the spring of 2022. The methods used were basic sedimentological analysis, smart pebbles method and digital photogrammetry. Low energy wave conditions without storms prevailed during the observation period. A sediment fining towards the NW was observed, as well as a dominance of the nourished material in the same direction. This confirms that the transport of beach sediments is dominated in the NW direction. Besides, short-term morphological changes of the beach indicate the dominant effect of wave runup. Wave run-up depends on tides, and their combination determines the position of the berms. Long-term changes (weekly and monthly scales) indicate the accumulation of coarser sediment on the beach step, in addition to the predominant sediment transport to the NW.

The directions of movement of the smart pebbles do not show any specific trend, which is considered to be a consequence of their size, low-energy wave conditions during the monitoring, and low-energy conditions on the beach due to the construction of piers and breakwater. The latter may favour the stability of the artificial beach.

Key words: erosion, gravel, beach, RFID

Utjecaj gradnje i održavanja plaža na morski okoliš u Hrvatskoj

Dalibor Carević, Tonko Bogovac

Građevinski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Fra Andrije Kačića Miošića 26, 10 000 Zagreb

e-mail: dalibor.carevic@grad.unizg.hr

Hrvatske plaže su pod pritiskom turizma s jedne strane, gdje se teži povećanju kapaciteta plaža, te utjecaja klimatskih promjena s druge strane koje povećavaju erozijski potencijal olujnih valova. Na strateškoj razini, Hrvatska provodi osnovne mjere s ciljem učinkovitog upravljanja na ukupno 1904 evidentirane plaže ali u tom procesu nedostaje tehnička podrška. Upravo definiranje tehničke podrške za potrebe dugoročnog nasipavanja postojećih i novih žala u Hrvatskoj s minimalnim utjecajem na okoliš je cilj projekta Beachex. U okviru projekta izrađena je sveobuhvatna baza plaža na kojima se vrši dohranjivanje plaža u svrhu smanjenja učinaka erozije i isto tako baza podataka o nasipavanju u svrhu gradnje novih plaža. Ustanovljeno je da se u Hrvatskoj, u periodu od 2015.-2019. provodilo dohranjivanje na 354 plaže te da se prosječno godišnje potroši 56.000 m³ odnosno 3700 kamiona materijala. Analizom i usporedbom obalne linije s aero snimaka iz 1968. g. i 2021.g. ustanovljeno je da je udio umjetnih plaža jednak 25% od ukupnog broja evidentiranih plaža. Provedeno je niz ronilačkih pregleda ispred plaža s redovitom praksom dohranjivanja s ciljem procjene utjecaja dohranjivanja na podmorsku biocenozu. Ustanovljene su loše prakse dohranjivanja gdje je korišten kameni materijal s većim udjelom praha koje su u konačnici imale negativan utjecaj na morski okoliš.

Ključne riječi: dohranjivanje, popis plaža, nasipavanje, podmorska biocenoza

The impact of beach construction and maintenance on the marine environment in Croatia

Dalibor Carević, Tonko Bogovac

Faculty of civil engineering, University of Zagreb, Fra Andrije Kačića Miošića 26, 10 000 Zagreb, Croatia

e-mail: dalibor.carevic@grad.unizg.hr

Croatian beaches are under pressure from tourism, which needs to increase beach capacity, and from the effects of climate change, which increase the erosion potential of storm waves. At the strategic level, Croatia is implementing basic measures aimed at efficient management of the total 1904 registered beaches, but there is a lack of technical support for this process. The aim of the Beachex project is to define technical support for the needs of long-term nourishment of existing and new beaches in Croatia with minimal environmental impact. As part of the project, a comprehensive database of nourished beaches has been created to reduce the effects of erosion,

as well as a database of beach fills for the construction of new beaches. It was found that nourishment was carried out on 354 beaches in Croatia between 2015 and 2019, consuming an average of 56000 m³ or 3700 truckloads of material per year. An analysis and comparison of the coastline based on aerial photographs from 1968 and 2021 showed that the share of artificial beaches is 25% of the total number of registered beaches. A series of diving surveys were conducted in front of beaches with regular nourishment practices to assess the impact of nourishment on the underwater biocenosis. Poor nourishment practices were identified, where stone material with a higher percentage of fines was used, which has a negative impact on the marine environment.

Keywords: nourishment, beach list, filling, undersea biocenosis

Pravni okvir zaštite i gospodarenja morskim plažama

Branko Kundih

Stručni portal Pomorsko dobro (www.pomorskodobro.com)

e-mail: kundih@pomorsko-dobro.com

Nije sporno da su morske plaže po samom zakonu pomorsko dobro u općoj upotrebi te kao takve su neotuđive, ne mogu biti objekt stjecanja prava vlasništva, niti mogu biti u prometu (*res extra commercium*). Sporno je što su morske plaže do danas ostale potpuno zanemareno i zapušteno pravno područje koje je desetljećima obilježeno mnogobrojnim konfliktnim situacijama i sporovima.

Iako morske plaže uz nautički turizam predstavljaju perjanicu naše turističke ponude, godinama svjedočimo raznim oblicima urbane i ekološke devastacije, koje nerijetko prate nezakonita nasipavanja i neprimjereno dohranjivanje prostora morskih plaža. Suočavamo se sa izrazitim neredom korištenja morskih plaža, a koje su posljedica prije svega nedostatka integralnog i stručnog promišljanja na svim razinama.

Sve to traži jasne i precizne zakonske i provedbene propise.

Kako opravdati, a još manje razumjeti činjenicu da Pomorski zakonik iz 1994. god. koji je prvi regulirao materiju pomorskog dobra, morske plaže kao pomorsko dobro uopće ne spominje, a Zakon o pomorskom dobru i morskim lukama iz 2003. god. samo navodi morsku plažu kao pomorsko dobro. Neupotrebljiv Pravilnik o morskim plažama koji je donesen davne 1995. god., sa svojih sedam članaka predstavlja spomenik naše nesposobnosti i nebrige za morske plaže.

U međuvremenu, 14. srpnja 2023. donesen je novi Zakon o pomorskom dobru i morskim lukama (N.N. 83/23), te je prestao važiti Zakon o pomorskom dobru (N.N. 158/03).

S predloženim rješenjima novog Zakona autor ovog teksta se u velikom djelu ne slaže. Među ostalim to se odnosi i na morske plaže koje moraju uživati poseban režim zaštite, posebno kada se radi o prirodnim plažama. Istovremeno svim korisnicima morskih plaža treba osigurati pravnu sigurnost opće uporabe, a gospodarskim subjektima nesmetano obavljanje gospodarskih djelatnosti. Zastupamo mišljenje da se samo korištenje morskih plaža ne smije naplaćivati, a prostor morske plaže se ne smije ograđivati. Naplaćivati se mogu samo usluge koje se pružaju na morskoj plaži na osnovu koncesija ili dozvola. Cjeloviti zakonski prijedlog o morskim plažama kao i osvrt na Nacrt zakona o pomorskom dobru i morskim lukama, autor ovog priopćenja prezentirao je na portalu Pomorsko dobro (<https://www.pomorskodobro.com>).

Ključne riječi: pomorsko dobro, morske plaže, Zakon o pomorskom dobru i morskim lukama (N.N. 83/23)

Legal framework for the protection and management of sea beaches

Branko Kundih

Maritime public domain Pomorsko dobro (<https://www.pomorskodobro.com>)

e-mail: kundih@pomorsko-dobro.com

It is undisputed that by law sea beaches are maritime property in general use and as such are inalienable, cannot be the object of acquisition of ownership rights, nor can they be an object of commercial transfers (*res extra commercium*). Arguably, until today sea beaches have remained a completely neglected and ignored area of law that has been marked by numerous conflict situations and disputes for decades.

Although sea beaches, along with nautical tourism, represent the crown jewel of our tourist offer, for years we have been witnessing various forms of urban and ecological devastation, often accompanied by an illegal embankment and inappropriate enlargement of beach zones. We are faced with a distinct disarray in the use of sea beaches, which is the result, first of all, of the lack of integral and professional deliberation at all levels.

All this requires clear and precise legal and implementing acts.

How to justify, much less understand, the fact that the Maritime Code of 1994, which was the first to regulate maritime property, does not mention sea beaches at all, while the Law on Maritime Property and Sea Ports of 2003 only lists the sea beaches as the maritime property. The useless Ordinance on Sea Beaches, which was adopted back in 1995, with its seven articles represents a monument to our incompetence and lack of care for sea beaches.

In the meantime, a new Law on Maritime Property and Sea Ports was adopted on June 14, 2023 (N.N. 83/23), and the Law on Maritime Property (N.N. 158/03) ceased to be valid.

The author of the text largely disagrees with the proposed solutions of the new Law on Maritime Property and Seaports. Among other things, the stance also applies to sea beaches, which must enjoy a special regime of protection, especially when it comes to natural beaches. At the same time, general use should legally be ensured for all users of sea beaches while public entities should be able to carry out their economic activities unhindered. We are of the opinion that the use of sea beaches should not be charged, and the area of the sea beach should not be fenced off. Only those services provided based on concessions or permits can be charged on the sea beach. The complete legal proposal regarding sea beaches as well as a review of the Draft Law on Maritime Property and Seaports has been presented by the author of this report on the Maritime public domain Pomorsko dobro (<https://www.pomorskodobro.com>).

Keywords: maritime property, marine beaches, Law on Maritime Property and Sea Ports (N.N. 83/23)

Vojne aktivnosti uz očuvanje ekosustava Jadrana

Valnea Kerbavčić Degač¹, Bernarda Krulić Mutavčić², Mladen Viher³

¹Ministarstvo obrane Republike Hrvatske, Služba za nekretnine i zaštitu okoliša, Odjel za geoinformacijske sustave i meteorologiju; ²Glavni stožer Oružanih snaga Republike Hrvatske, Zapovjedno operativno središte; ³Hrvatsko vojno učilište, Centar za obrambene i strateške studije
e-mail: valnea.kerbavcic.degac@morh.hr

Ulaskom Republike Hrvatske u NATO, 2009. godine je, uz Italiju i Crnu Goru, preuzela odgovornost za Jadransko more kao značajno područje vojnih operacija. Sve vojne aktivnosti moraju se provoditi uz najmanje moguće ometanje svakodnevnog života lokalnog stanovništva (pomorski prijevoz, ribarenje, turizam i dr.) te uz strogu ekološku zaštitu zatečenih životnih zajednica i njihova prirodnog okruženja.

U smislu zaštite mora, a posebice litoralnih voda kao posebno ugroženih akvatorija, NATO je poduzeo niz mjera i aktivnosti koje su se značajno intenzivirale zadnjih godina u kontekstu odgovora na klimatske promjene. Svjetska meteorološka organizacija izvijestila je da se temperature u Europi povećavaju dvostruko više od globalnog prosjeka, na oko +0,5°C po desetljeću tijekom posljednja tri desetljeća, najviše od bilo kojeg kontinenta. Predviđa se da će Mediteranski bazen postati jedno od najosjetljivijih područja u Europi na utjecaje klimatskih promjena. Zajedničko svim aktivnostima na zaštiti mora i morskog života je aktivna razmjena informacija sa savezničkim i prijateljskim zemljama kroz aktivnosti Radnih skupina Vojnog odbora NATO-a za meteorologiju i oceanografiju, MCWG(METOC) te kroz nedavno osnivanje Centra izvrsnosti za vojnu meteorologiju i oceanografiju u Portugalu. Vojni stručnjaci koriste raspoloživu suvremenu tehnologiju za praćenje stanja okoliša kako bi upozorili na zagrijavanje i podizanje razine mora, na promjene koje mogu utjecati na evoluciju ekoloških sustava, pojave novih organizama i promjene migracijskih puteva morskih životinja. Pored toga, ista napredna tehnologija pomaže u brzom detektiranju mogućih onečišćenja i u učinkovitom djelovanju na njihovom uklanjanju.

Mijenjaju se stare prakse odlaganja otpisanih eksplozivnih sredstava, ispuštanja otpada za vrijeme plovidbe i nekontroliranog korištenja sonara. Sve vojne aktivnosti usklađuju se s međunarodnim i nacionalnim legislativama o zaštiti okoliša. Sve nacionalne inicijative za razmjenu informacija o okolišu i mogućnosti zajedničkog korištenja civilno-vojnih resursa za praćenje i modeliranje promjena konvergiraju prema nacionalnim predstavnicima u Radnoj skupini Vojnog odbora NATO-a kojeg čine predstavnici Ministarstva obrane i Oružanih snaga Republike Hrvatske.

Pokazani primjeri uspješne civilno-vojne suradnje u organizaciji NATO-a upućuju na buduću međuresornu suradnju po ovoj problematici na nacionalnoj razini i dalju provedbu kroz međunarodnu aktivnost kroz specijalizirane organizacije NATO-a.

Ključne riječi: Jadransko more, zaštita mora, vojne aktivnosti, Centar izvrsnosti, klimatske promjene

Military activities while preserving the Adriatic ecosystem

Valnea Kerbavčić Degač¹, Bernarda Krulić Mutavčić², Mladen Viher³

¹*Ministry of Defense of the Republic of Croatia, Real Estate and Environmental Protection Service, Geoinformation systems and meteorology department;* ²*Main Headquarters of the Armed Forces of the Republic of Croatia, Command Operational Center;* ³*Croatian Military Academy, Center for Defense and Strategic Studies*
e-mail: valnea.kerbavcic.degac@morh.hr

With the accession of the Republic of Croatia to NATO in 2009, Republic of Croatia along with Italy and Montenegro, took the responsibility for the Adriatic Sea as an important area of military operations. All military activities must be carried out with the least possible disruption to the daily life of the local population (maritime transport, fishing, tourism, etc.) and with strict environmental protection of the found living communities and their natural environment.

In terms of the protection of the sea, and especially littoral waters as especially endangered water areas, NATO has undertaken a series of measures and activities that have significantly intensified in recent years in the context of responding to climate change. The World Meteorological Organization reported that temperatures in Europe are increasing twice the global average, at about +0.5°C per decade in the last three decades, the most of all continents. It is predicted that the Mediterranean basin will become one of the most sensitive areas in Europe to the impacts of climate change. Common to all activities on the protection of the sea and marine life is the active exchange of information with allied and friendly countries through the activities of the Working Groups of the NATO Military Committee for Meteorology and Oceanography, MCWG(METOC) and through the recent establishment of the Center of Excellence for Military Meteorology and Oceanography in Portugal. Military experts use available modern technology to monitor the state of the environment in order to warn of warming and rising sea levels, of changes that may affect the evolution of ecological systems, the appearance of new organisms and changes in the migration routes of marine animals. In addition, the same advanced technology helps in quick detection of possible pollution and effective actions to remove it.

The old practices of disposal of decommissioned explosive devices, discharge of waste during navigation and uncontrolled use of sonar are changing. All military activities are harmonized with international and national legislation on environmental protection. All national initiatives for the exchange of information on the environment and the possibility of joint use of civil-military resources for monitoring and modelling changes converge towards national representatives in the Working Group of the NATO Military Committee, which consists of representatives of the Ministry of Defense and the Armed Forces of the Republic of Croatia.

The demonstrated examples of successful civil-military cooperation in the NATO organization point to future interdepartmental cooperation on this issue at the national level and further implementation through international activity through specialized NATO organizations.

Keywords: Adriatic Sea, sea protection, military activities, Center of Excellence, climate change

Prostorno planiranje, urbanizam, arhitektura i zaštita graditeljske baštine u prilagodbi klimatskim promjenama

Ljubomir Mišćević

*Sveučilište u Zagrebu, Arhitektonski fakultet, Kačićeva 26, 10 000 Zagreb, Hrvatska
e-mail: miscevic@arhitekt.hr*

Usprkos višedesetljetnom upozoravanju sve većeg broja znanstvenika i stručnjaka u svim područjima djelovanja vezanih za klimatske promjene, svojevremeno jako izraženo uz problematiku ozonskih rupa i činjeničnog porasta globalnog zatopljenja, nije se pravovremeno reagiralo na temelju mnogih predloženih rješenja. Potrebna je hitna i odgovorna globalna i nacionalna akcija kako se ne bi zakasnilo i s prilagodbama klimatskim promjenama i ublažavanju njihovih posljedica.

Klimatska konferencija COP 21 održana u Parizu 2015. godine, bila je prekretnica zbog do tada globalno neviđenog konsenzusa svjetske zajednice. Sedamnaest globalnih ciljeva održivog razvoja do 2030. godine Ujedinjenih naroda objavljenih iste godine, poslužili su kao dobra platforma za scenarij Zelenog plana EU do 2050. godine s pogledom na 2070. u kontekstu prilagodbi klimatskim promjenama i ublažavanju njihovih posljedica.

Godinama se referira činjenica da sektor graditeljstva u EU proizvodi oko 40% zagađenja stakleničkim plinovima pa je smanjenje emisivnosti prioritet. Energetska obnova je bitno podbacila u odnosu na prvotno obećanu dinamiku provedbe. Umjesto 3% godišnje od izgrađenog fonda u RH predviđenog za obnovu, obnavljalo se 1% u 3 godine. O razini energetske učinkovitosti obnove možemo zaključiti da je na razini tekućih propisa kako bi mogla dobiti građevinsku dozvolu. Nema niti jedne obnove do „faktora 10“ prema definiciji energetskog modela pasivne kuće, odnosno energetskog razreda A+ koji je kvalitativno bitno iznad tekuće definicije za tzv. nZEB.

U radu se analizira i komentira status planova upravljanja gradovima i ostvarenje programa zelene infrastrukture i kružnog gospodarenja prostorom izgrađene i neizgrađene okoline. Prikazuje nekoliko referentnih prostorno planerskih i urbanističkih projekta autora koji se temelje na konceptu arhitekture visoke energetske učinkovitosti. Jedan od međunarodno najreferentnijih projekata, Projekt energetske i ambijentalne obnove na primjeru naselja Trnsko u Zagrebu (YU-SAD, PN 777) iz 1985. godine, bio je preuranjen prvijenac, koji se desetljećima kontinuirano objavljuje, ali ni do danas nema niti najmanjeg traga ostvarenja. Projekt urbanog segmenta Futura Inova (za Graz, 1993.) i u Zagrebu za energetski samodostatnu zajednicu raznih funkcionalnih namjena s novim savskim mostom iz 2007. Prikazuje se i objašnjava projekt autora za Sunčani grad u Zaprešiću iz 2004. Jedinstven je projekt Zelenog kvarta Grada Koprivnice koji je povezan s odlukom Grada o najvišoj energetske učinkovitosti (A+) koja se stimulira 100% oslobođanjem od komunalne naknade za izdavanje građevinske dozvole. Projekt EU Regije pasivnih kuća i obnovljivih izvora energije (PassREg) pokrenuo je ideju izgradnje energetske revolucije. Izvrstan primjer energetske tranzicije je otok Krk koji je izradio Interdisciplinarnu strategiju nulte emisije stakleničkih plinova za integrirani održivi razvoj otoka još 2012., a 2020. je dobio priznanje među deset najboljih energetski održivih otoka u Europi. Podizanje razine morske vode je potencijalno rizično u gradovima niskih obala u koje se ubrajaju Krk, Cres i Mali Lošinj, Prikazuje se i projekt

obnove uljare u Nerezinama na Lošinju koja je pojedinačno zaštićeno kulturno dobro, a već je djelomično u morskoj vodi.

Zbog nesporne činjenice razine klimatskih promjena sa sve drastičnijim i učestalijim katastrofalnim posljedicama, nužno je žurno unaprijediti odgovarajuću regulativu, prevenciju i sustav upravljanja, bitno ubrzati energetske obnovu više učinkovitosti u većim prostornim obuhvatima poput dijelova i cijelih naselja, gradskih kvartova pa sve do regija, što pretpostavlja projekte na razini prostornog uređenja i urbanizma, kako bi se što kvalitetnije provela Strategija prilagodbe klimatskim promjenama u RH za razdoblje do 2040. s pogledom na 2070. od 2020. godine.

Ključne riječi: prostorno planiranje, urbanizam, arhitektura i zaštita graditeljske baštine, prilagodbe klimatskim promjenama

Physical planning, urbanism, architecture and protection of architectural heritage in adaptations to climate change

Ljubomir Miščević

*University of Zagreb, Faculty of Architecture, Kačićeva 26, 10 000 Zagreb, Croatia
e-mail: miscevic@arhitekt.hr*

Despite dozens of warnings from a growing number of scientists and experts in all fields of activity related to climate change, once strongly expressed with the problem of ozone holes and the actual increase in global warming, there was no timely reaction based on many proposed solutions. Urgent and responsible global and national action is needed in order not to be late with adaptations to climate change and mitigation of its consequences.

The COP 21 climate conference held in Paris in 2015 was a turning point due to the previously unprecedented global consensus of the world community. Seventeen global goals of sustainable development until 2030 of the United Nations, published in the same year, served as a good platform for the scenario of the EU Green Plan until 2050 with a view to 2070 in the context of adaptation to climate change and mitigation of its consequences.

The fact that the construction sector in the EU produces around 40% of greenhouse gas pollution has been referred for years, so reducing emissions is a priority. Energy renewal has significantly failed in relation to the originally promised dynamics of implementation. Instead of 3% per year of the built-up fund in the Republic of Croatia intended for reconstruction, 1% was renewed in 3 years. Regarding the level of energy efficiency of the renovation, we can conclude that it is at the level of current regulations in order to be able to obtain a building permit. There is not a single renovation up to "factor 10" according to the definition of the passive house energy model, i.e. energy class A+, which is qualitatively significantly above the current definition for the so-called nZEB.

The paper analyzes and comments on the status of city management plans and the implementation of the green infrastructure program and circular space management of the built and unbuilt environment. It shows several reference physical planning and urban planning projects

of the author, which are based on the concept of high energy efficiency architecture. One of the most internationally referenced projects, the Energy and Environmental Renewal Project based on the example of the Trnsko settlement in Zagreb (YU-USA, PN 777) from 1985, was a premature debut, which has been continuously published for decades, but even today there is not the slightest trace of its realization. The project of the urban segment of Futura Inova (for Graz, 1993) and in Zagreb for an energy self-sufficient community of various functional uses with the new Sava bridge from 2007. The author's project for the Solar City in Zaprešić from 2004 is shown and explained. The Green Quarter project of the City of Koprivnica is unique, which is connected with the City's decision on the highest energy efficiency (A+), which is stimulated by a 100% exemption from the municipal fee for issuing a building permit. The project of the EU Region of Passive Houses and Renewable Energy Sources (PassREg) launched the idea of building an energy revolution. An excellent example of the energy transition is the island of Krk, which created an interdisciplinary strategy of zero greenhouse gas emissions for the integrated sustainable development of the island back in 2012, and in 2020 was recognized as one of the ten best energy-sustainable islands in Europe. Rising sea water levels are potentially risky in towns with low coasts, including Krk, Cres and Mali Lošinj. The project to renovate the oil mill in Nerezine on island Lošinj, which is an individually protected cultural heritage, is already partially submerged in seawater.

Due to the indisputable fact of the level of climate change with increasingly drastic and frequent catastrophic consequences, it is necessary to urgently improve the appropriate regulation, prevention and management system, significantly speed up the energy restoration of more efficiency in larger spatial scopes such as parts and entire settlements, city neighbourhoods and even regions, which assumes projects at the level of spatial planning and urbanism, in order to implement the Climate Change Adaptation Strategy in the Republic of Croatia for the period up to 2040 with a view to 2070 from 2020 as efficiently as possible.

Keywords: physical planning, urbanism, architecture and protection of architectural heritage, adaptation to climate change

Arhitektura visoke energetske učinkovitosti i ugljična neutralnost u funkciji prilagodbi klimatskim promjenama

Ljubomir Mišćević

Sveučilište u Zagrebu, Arhitektonski fakultet, Kačićeva 26, 10 000 Zagreb, Hrvatska

e-mail: miscevic@arhitekt.hr

Arhitektura kao odgovorna misija čovječanstva koje je u viševrsnom kriznom stanju, mora ponuditi pravovremena, napredna održiva i odgovorna rješenja za opstanak. Sve je više uglednih znanstvenika koji su na žalost sve veći pesimisti. Potrebno je osvijestiti da se čovječanstvo samouništava, jer je zakasnilo u prevenciji klimatskih promjena. Nažalost, već se kasni i s prilagodbama. Svjedočimo sve učestalijim i opasnijim posljedicama klimatskih promjena. Zato se od arhitekture, odnosno od arhitekata očekuje hitna reakcija. Sve je lakše ostvariva samoodrživa, bezemisijaska, plus energetska, otporna i sigurna arhitektura kao kontinuirani razvojni izazov.

Nacionalni i međunarodni dokumenti sadržajno i vremenski upućuju i obvezuju sve države svjetske zajednice za postizanje zacrtanih globalnih ciljeva održivosti, implementacijom regulative mjerama provedbe u određenim razdobljima. Ti su dokumenti vrlo stimulativni i precizno razrađeni. Odabrano je nekoliko relevantnih nacionalnih i međunarodnih dokumenata u području arhitekture i graditeljstva iz kojih se citiraju najvažnije smjernice i odluke kao analitička podloga za vrednovanje projekata i njihovih ostvarenja od njihova postojanja u kontekstu energetske učinkovitosti i ugljične neutralnosti u funkciji prilagodbi klimatskim promjenama. To je temeljni nacionalni dokument "Arhitektonske politike Republike Hrvatske 2013.-2020. – Apolitika" usvojen 2012. godine od Vlade Republike Hrvatske, koji predstavlja nacionalne smjernice za vrsnoću i kulturu građenja, u kojem se uz ostale, navodi značaj i nužnost zaštite zdravlja, klime i sigurnosti".

Vijeće arhitektonskih komora Europe (ACE) je u susret svjetskoj konferenciji COP 21 održanoj u Parizu 2015. godine, izdalo manifest o Odgovornoj arhitekturi kao prilog toj konferenciji. Sve su države sudionice uključujući najveće globalne zagađivače deklarativno obećale da će poduzeti sve što je u njihovoj moći kako bi se usporile klimatske promjene i ublažile njihove posljedice. Do danas nema sličnog ili noveliranog manifesta ili deklaracije.

ACE je pozvalo Europski parlament da uzme u obzir ulogu arhitekata u pomaganju EU-u kako bi postigla svoje ciljeve za smanjenje potrošnje energije u zgradama i ublažavanje učinaka klimatskih promjena i ukazalo na prepoznavanje važnosti uloge arhitekata u obnovi postojećih zgrada, promicanjem veće „energetske pismenosti“.

U radu se uz primjere projekata i ostvarenja autora objašnjava nužnost projektiranja i izvođenja arhitekture napredne visoke energetske učinkovitosti kako bi se bitnim smanjenjem emisivnosti arhitekture novogradnjom energetskog modela „pasivne kuće“, odnosno energetskog razreda A+ i obnove do „faktora 10“, ostvarili globalni ciljevi održivog razvoja UN 17 do bliske 2030. godine i Zeleni plan EU do 2050. s pogledom na 2070., upravo u kontekstu prilagodbi klimatskim promjenama i ublažavanju njihovih posljedica.

Ključne riječi: visoka energetska učinkovitost, ugljična neutralnost, sigurnost ljudi i prostora, prilagodbe klimatskim promjenama

Architecture of high energy efficiency and carbon neutrality as a function of adaptation to climate change

Ljubomir Miščević, e-mail: miscevic@arhitekt.hr

University of Zagreb, Faculty of Architecture, Kačićeva 26, 10 000 Zagreb, Croatia

Architecture, as a responsible mission of humanity, which is in a multifaceted state of crisis, must offer timely, advanced, sustainable and responsible solutions for survival. There are more and more distinguished scientists who, unfortunately, are increasingly pessimistic. It is necessary to make people aware that humanity is destroying itself, because it was late in the prevention of climate change. Unfortunately, adaptations are already delayed. We are witnessing increasingly frequent and dangerous consequences of climate change. That is why an urgent reaction is expected from architecture, that is, from architects. A self-sustaining, emission-free, energy-plus, resistant and safe architecture is becoming more and more, easy to achieve as a continuous development challenge.

National and international documents in terms of content and time guide and oblige all countries of the world community are to achieve the set for global goals of sustainability, by implementing regulations and implementation measures in certain periods. These documents are very stimulating and precisely elaborated. Several relevant national and international documents in the field of architecture and construction have been selected from which the most important guidelines and decisions are cited as an analytical basis for the evaluation of projects and their achievements since their existence in the context of energy efficiency and carbon neutrality in the function of adaptation to climate change. It is the basic national document "Architectural Policy of the Republic of Croatia 2013-2020 – Apolitika" adopted in 2012 by the Government of the Republic of Croatia, which represents national guidelines for quality and culture of construction, in which, among others, is the importance and necessity of health protection, climate and security".

The Council of Architectural Chambers of Europe (ACE) issued a manifesto on Responsible Architecture as a contribution to the COP 21 world conference held in Paris in 2015. All participating countries, including the largest global polluters, have made a declarative promise to do everything in their power to slow down climate change and mitigate its consequences. To this day, there is no similar or amended manifesto or declaration.

ACE called on the European Parliament to consider the role of architects in helping the EU to achieve its targets for reducing energy consumption in buildings and mitigating the effects of climate change, and pointed to the recognition of the importance of the role of architects in the renovation of existing buildings, by promoting greater "energy literacy".

In addition to examples of the author's projects and accomplishments, the paper explains the necessity of designing and implementing advanced high energy efficiency architecture in order to achieve the global goals of sustainable development by significantly reducing the emissivity of architecture with the new energy model "passive house", i.e. energy class A+ and renovation up to "factor 10" to develop the UN 17 until close 2030 and the EU Green Plan until 2050 with a view to 2070, precisely in the context of adapting to climate change and mitigating its consequences.

Keywords: high energy efficiency, carbon neutrality, safety of people and space, adaptation to climate change

Prostorno-planski pristup održivom razvoju obalnog područja Hrvatske

Mirjana Kovačić, Matea Horvat
Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Hrvatska
e-mail: kapitanovic.matea@gmail.com

Hrvatski obalni prostor sadrži sve elemente potrebne za kvalitetan razvoj. Duljina obalne linije razvedenost, preko tisuću otoka, otočića i hridi, te kvalitativna obilježja jadranskog morskog prostora, atrakcijski su elementi ne samo za život nego i obavljanje mnogih gospodarskih djelatnosti.

Istovremeno obalno područje Hrvatske se suočava sa različitim pritiscima, od devastacije do posljedica klimatskih promjena koje posebno ugrožavaju rad i život stanovnika. Otoci su posebice ugroženi dijelovi obalnoga područja Hrvatske. Iseljavanje i smanjivanje broja stanovnika jesu i dalje dominantne socijalne i ekonomske značajke jadranskih otoka, no tu su i mnogobrojni komunalni problemi, zbrinjavanje otpada te nedostatak pitke vode u ljetnim mjesecima.

Predmet istraživanja je obalno područje Hrvatske. Autori analiziraju postojeće stanje u kontekstu klimatskih promjena te predlažu mjere za poboljšanje upravljanja obalnim područjem. U fokusu istraživanja je zakonska regulativa i prostorno planiranje obalnog prostora koje mora dati dugoročni odgovor u pitanjima održivosti. Cilj istraživanja je utvrditi međuzavisnost prostornog planiranja i održivog razvoja obalnog prostora kako bi se utjecaj klimatskih promjena umanjio.

Ključne riječi: obalno područje, zakonska regulativa, prostorno planiranje, klimatske promjene, Hrvatska

Spatial-planning approach to the sustainable development of the coastal area

Mirjana Kovačić, Matea Horvat
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies, Croatia
e-mail: kapitanovic.matea@gmail.com

The Croatian coastal area contains all the elements necessary for quality development. The length of the indented coastline, over a thousand islands, islets and rocks, as well as the qualitative features of the Adriatic Sea area, are attractive elements not only for human life, but also for the performance of many economic activities.

At the same time, the coastal area of Croatia faces various pressures, from devastation to the consequences of climate change, which especially influence on people daily work and life. Croatian islands are especially vulnerable parts of the coastal area. Emigration and population decline are still the dominant social and economic features of the Croatian islands, but there are also

numerous communal problems, waste disposal and the lack of drinking water in the summer months.

The subject of research is the coastal area of Croatia. The authors analyse the current situation in the context of climate change and propose measures to improve the management of the coastal area. The focus of the research is on regular legislation and spatial planning of the coastal area, which both must provide a long-term answer to sustainability issues. The main goal of the research is to determine the interdependence of spatial planning and sustainable development of the coastal area in order to reduce the impact of climate change.

Keywords: coastal area, legislation, spatial planning, climate change, Croatia

Utjecaj mikroklimе na ektoterme jadranskih otoka

Jelena Bujan^{1,2} and Cleo Bertelsmeier²

¹*Zavod za istraživanje mora i okoliša, Institut Ruđer Bošković, Zagreb, Hrvatska,* ²*University of Lausanne, 1015 Lausanne, Švicarska*
e-mail: jelena.bujan@irb.hr

Mali otoci su idealni prirodni laboratoriji termalne ekologije. Veličina otoka je često korelirana s temperaturom, pa su naizgled identična staništa izložena različitoj mikroklimi. Ta heterogenost mikroklimе među otocima može imati značajan utjecaj na sposobnost otočnih zajednica da podnesu globalno zagrijavanje. Generalno, predviđa se da će globalni porast temperature u kopnenim ekosustavima najviše pogoditi ektoterme, koji nemaju sposobnost termoregulacije. Kako bi testirali da li temperatura otoka selektira termalno tolerantnije vrste i tako regulira sastav zajednica mediteranskih otoka koristili smo mrave, jer je njihova aktivnost direktno vezana za njihovu termalnu fiziologiju. Dodatno smo testirali da li mikroklima određuje termalne granice vrste kroz termalnu plastičnost. Na 8 otoka Elafitskog arhipelaga zabilježili smo sastav zajednica mrava, njihove kritične temperature, te mikroklimatske uvjete tla. Prosječna temperatura tla među otocima je varirala i do 4°C, unatoč ujednačenim makroklimatskim uvjetima. Raspon visokih temperatura koje su mravi mogli podnijeti bio je 41–49°C, a raspon niskih 1–7°C. Znanje o mikroklimatskoj heterogenosti otoka i termalnoj plastičnosti vrsta koje ih nastanjuju može nam dati bolji uvid u termalni stres kojim su izloženi i mogućnost adaptacije. Naši rezultati pokazuju da makroklima otoka trenutno podcjenjuje izloženost ektoterma termalnom stresu.

Ključne riječi: mikroklima, otoci, Mediteran, mravi, toplinska tolerancija

Unraveling the effects of microclimate on ectotherms in Adriatic islands

Jelena Bujan^{1, 2} and Cleo Bertelsmeier²

¹*Division for Marine and Environmental Research, Institut Ruđer Bošković, Zagreb, Croatia,* ²*University of Lausanne, 1015 Lausanne, Switzerland*
e-mail: jelena.bujan@irb.hr

Small islands are ideal natural laboratories of thermal ecology. Island size often correlates with islands' thermal conditions, so that seemingly identical habitats experience different microclimates. Microclimatic heterogeneity between islands is likely to affect the ability of each island community to survive global warming. Generally, temperature raise in terrestrial ecosystems is predicted to strongly affect small ectotherms that are unable to thermoregulate. We used ants - cursorial insects whose activity is directly governed by their thermal limits - to test

if temperature selects for thermally tolerant species and thereby governs community composition on Mediterranean islands. Additionally, we tested if microclimate drives thermal tolerance within species by promoting thermal plasticity. We recorded ant community composition, thermal limits, and soil microclimates across 8 islands from the Elaphiti Archipelago. Average soil temperatures varied by as much as 4°C despite apparently constant macroclimatic conditions. We found substantial variation in ant thermal limits: heat tolerance ranged from 41–49°C and cold tolerance 1–7°C. Knowing the extent of islands' microclimatic heterogeneity and plasticity of species inhabiting them can give us a better estimate of the experienced thermal stress and availability of thermal relief. Our results suggest that island macroclimates currently underestimate heat stress experienced by small ectotherms.

Keywords: microclimate, islands, Mediterranean, ants, heat tolerance

Klimatske promjene – mogući pokretač promjena u sastavu naselja sitne plave ribe u Jadranu

Vjekoslav Tičina
Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split, Hrvatska
e-mail: ticina@izor.hr

Sredozemno more je zbog svoje zatvorenosti jedno od morskih područja koja se najbrže zagrijavaju, pa se u njemu utjecaj klimatskih promjena („global warming“) vrlo vjerojatno brže odražava na morske ekosustave nego u drugim dijelovima svjetskih oceana. To se posebno ističe u najsjevernijem i najplićem dijelu Sredozemnog mora – Jadranskome moru.

Utjecaj klimatskih promjena na morske organizme je posredan, tj. klimatske promjene na njih djeluju uzrokujući promjene u njihovom okolišu. Novija istraživanja sitne pelagijske ribe u Jadranskom i Sredozemnom moru su potvrdila valjanost tzv. „Bergmanovog pravila“ prema kojem se srednja veličina tijela riba postepeno smanjuje za otprilike 3-4% za 1°C zatopljenja okoliša. Nadalje, promjene u okolišu uslijed zatopljenja odražavaju se i na pogodnost/nepogodnost pojedinih habitata u Jadranskome moru za obitavanje pojedinih vrsta sitne plave ribe u Jadranu, te njihovu rasprostranjenost i obimnost njihovih naselja. To se posebice odnosi na termofilne vrste koje u Jadran dolaze iz toplijih dijelova Sredozemnog mora, ali i na tzv. „borealne“ vrste koje preferiraju hladniji okoliš kao što je to slučaj s papalinom kojoj se vjerojatno „ne piše dobro“.

Ključne riječi: sitna pelagijska riba, zagrijavanje okoliša, promjene u Jadranu

Climate change as a driver of changes in small pelagic fish assemblages in the Adriatic Sea

Vjekoslav Tičina
Institute of Oceanography and Fisheries, Split, Croatia
e-mail: ticina@izor.hr

Because of its closed nature, the Mediterranean Sea is one of the fastest warming marine areas, so the effects of climate change ("global warming") are likely to affect marine ecosystems more rapidly than in other parts of the world's oceans. This particularly might be evident in the northernmost and shallowest part of the Mediterranean Sea - the Adriatic Sea.

The impact of climate change on marine organisms is indirect, meaning that climate change affects them by causing changes in their environment. Recent studies on small pelagic fishes in the Adriatic and Mediterranean Seas are indicating the validity of the so-called "Bergman's rule", according to which the average body size of fishes gradually decreases by about 3-4% when the environment warms by 1°C. In addition, environmental changes caused by global warming are also reflected in the suitability/unsuitability of certain areas in the Adriatic Sea as habitats for small

pelagic fishes in the Adriatic Sea, as well as changes in their spatial distribution areas and the success of their recruitments. This especially applies to thermophilic species that come into the Adriatic from warmer parts of the Mediterranean, but also for the so-called "boreal" species that prefer colder environments, such as the sprats, with quite "uncertain future".

Key words: small pelagic fish, warming of the environment, changes in the Adriatic

Vatrenjača *Pterois miles* (Bennett, 1828) u Jadranskom moru: kratki pregled

Jakov Dulčić

*Institut za oceanografiju i ribarstvo, Šetalište Ivana Meštrovića 63, 21000 Split, Hrvatska,
e-mail: dulcic@izor.hr*

Biološke invazije smatraju se jednom od najvećih prijetnji prirodnoj bioraznolikosti. Sredozemno more, koje povezuje Indo-Pacifik i Atlantski ocean, karakterizirano je kao žarište globalne morske invazije, zbog mnoštva ljudskih putova i vektora kao što su pomorstvo, akvakultura, turizam i otvaranje Sueskog kanala, koji su doveli do unošenja gotovo 700 stranih vrsta u Sredozemno more. Među unesenim vrstama, *Pterois miles* (Bennett, 1828), podrijetlom iz Indo-Pacifika, smatra se jednom od najgorih invazivnih vrsta u Sredozemnom moru. Jednom kada se uspostave, njezine populacije mogu imati štetne učinke na domaće zajednice, što rezultira gubitkom bioraznolikosti, degradacijom staništa i negativnim gospodarskim učincima na ribarsku industriju i aktivnostima temeljenim na morskim zalihama, kao što je vidljivo u istočnom Mediteranu (npr. Cipar i Grčka). Prva viđenja jedinki ove vrste zabilježena su u Jadranskom moru u blizini Leccea (Italija) i plaže Dhermi (Albanija) u srpnju 2019. i u Torre Canneu u blizini Brindisija u kolovozu 2020. Jedan primjerak zabilježen je u istočnom srednjem Jadranu. Uočena je kod otoka Visa na dubini od 15 m 13. kolovoza 2021. godine. Nalazište je sjevernije od svih dosadašnjih jadranskih zapisa i predstavlja dosad najsjeverniji nalaz ove vrste u Sredozemnom moru. Posljednji nalaz bio je s crnogorske obale 2022 godine. Ovaj novi zapis potvrđuje hipotezu da je ova vrsta sposobna proširiti se i nastaniti u Jadranskom moru kao što su Karachle i dr. (2017) predvidjeli uključivši *P. miles* među vrste od kojih se očekuje širenje u zemljama ESENIAS-a. Njezine biološke osobine i ekološke osobitosti: rana zrelost, visoka stopa rasta i plodnost, rasprostranjenost ličinki na velike udaljenosti, otrovne bodlje, opća prehrana i fleksibilnost staništa, u kombinaciji s nedostatkom domaćih grabežljivaca olakšavaju njihovo širenje i uspostavljanje. Uslijed klimatskih promjena može se očekivati da će temperatura mora u Jadranu porasti u budućnosti što će ga učiniti pogodnijim za naseljavanje ove vrste i formiranje njezinih gustih populacija.

Ključne riječi: *Pterois miles*, nalazi, biološka invazija, klimatske promjene, ESENIAS, Jadransko more

Lionfish *Pterois miles* (Bennett, 1828) in the Adriatic Sea: a short overview

Jakov Dulčić

Institute of Oceanography and Fisheries, Šetalište Ivana Meštrovića 63, 21000 Split, Croatia, e-mail: dulcic@izor.hr

Biological invasions are considered among the largest threats to native biodiversity. The Mediterranean Sea, connecting the Indo-Pacific and Atlantic oceans, is characterized as a global

marine invasion hotspot, due to a multitude of human pathways and vectors such as shipping, aquaculture, tourism, and the opening of the Suez Canal, which have led to the introduction of nearly 700 alien species into the Mediterranean Sea. Among the species introduced, the scorpaenid fish *Pterois miles* (Bennett, 1828), originating from the Indo-Pacific, is considered one of the worst invasive species in the Mediterranean Sea. Once established, its populations can have damaging effects on native communities, resulting in biodiversity loss, habitat degradation, and economic effects on the fishing industry and marine-based activities as evidenced in the Eastern Mediterranean (e.g., Cyprus and Greece). First sightings of the lionfish were recorded in the Adriatic Sea near Lecce (Italy) and beach Dhermi (Albania) in July 2019 and in Torre Canne near Brindisi in August 2020. A single specimen of *Pterois miles* has been recorded in the eastern middle Adriatic Sea. It was observed near the island of Vis at a depth of 15 m on 13 August 2021. The location of the record is further north than previous Adriatic records and it constitutes the northernmost record of this species in the Mediterranean Sea to date. Last record was from the Montenegrin coast (southeastern Adriatic in 2022. This new record confirms the hypothesis that this species is capable of expanding and establishing in the Adriatic Sea as Karachle et al. (2017) had predicted by including *P. miles* among the species expected to spread in ESENIAS countries. Their biological traits and ecological habits: early maturity, high growth rate and fecundity, long-range larval dispersion, venomous spines, generalist diet, and habitat flexibility, combined with lack of native predators facilitate their spreading and establishment success. Due to climate change, it could be expected that the sea temperature of the Adriatic will rise in the future making it more suitable for the establishment of the lionfish and formation of dense populations.

Key-words: *Pterois miles*, records, biological invasion, climate change, ESENIAS, Adriatic Sea

Utjecaj klimatskih promjena na akvakulturu komarče u Sredozemnom moru

Ines Haberle¹, Domagoj K. Hackenberger², Tamara Djerdj², Lav Bavčević³, Sunčana Geček¹,
Branimir K. Hackenberger², Nina Marn¹, Jasminka Klanjšček¹, Marija Purgar¹, Jadranka Pečar Ilić¹,
Tin Klanjšček¹

¹Zavod za istraživanje mora i okoliša, Institut Ruđer Bošković, Bijenička cesta 54, Zagreb, Hrvatska; ²Zavod za kvantitativnu ekologiju, Odjel za biologiju, Sveučilište u Osijeku, Cara Hadrijana 8A, Osijek, Hrvatska; ³Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu, Sveučilište u Zadru, Trg kneza Višeslava 9, Zadar, Hrvatska
e-mail: ihaberle@irb.hr

Akvakultura komarče u Sredozemlju suočena je s okolišnim promjenama uslijed nadprosječnih klimatskih promjena u regiji. Kako bi se osigurale odgovarajuće i pravovremene prilagodbe novim uvjetima, kvantifikacija utjecaja klimatskih promjena na akvakulturnu proizvodnju je ključna.

Koristeći fiziološko modeliranje, procijenili smo srednjoročne i dugoročne učinke klimatskih promjena na ključne pokazatelje u akvakulturi – vrijeme uzgoja do tržišne veličine i indeks konverzije hrane – tijekom dvogodišnjih uzgojnih ciklusa s početkom 2021. (referentno razdoblje), 2051. (srednjoročno) i 2091. (dugoročno) godine. Uz to, kvantificirali smo dva okolišna pokazatelja koji određuju podobnost za akvakulturu komarče, a potencijalno i drugih vrsta - prosječnu temperaturu kao indikator zagrijavanja i broj dana s temperaturom mora iznad gornje termalne granice za rast.

Rezultati pokazuju da se vrijeme uzgoja do tržišne veličine općenito smanjuje s porastom temperature, osobito u regijama u kojima je broj dana koji premašuju gornju temperaturnu granicu stabilan. Indeks konverzije hrane za tržišnu veličinu ne pokazuje značajne promjene s klimatskim promjenama, no zbog bržeg rasta i veće konačne težine povećava se za cjelokupni dvogodišnji uzgojni ciklus.

Iako su za srednjoročno razdoblje utvrđeni relativno pozitivni utjecaji, dugoročno negativni učinci klimatskih promjena očekuju se u trenutno vrlo produktivnim regijama akvakulture: Levantinskom, Egejskom i Jadranskom moru te obalnim vodama Tunisa.

Ključne riječi: dinamički energijski proračun, *Sparus aurata*, IPCC RCP klimatski scenariji, indeks konverzije hrane, vrijeme uzgoja

Effects of climate change on gilthead sea bream aquaculture in the Mediterranean

Ines Haberle¹, Domagoj K. Hackenberger², Tamara Djerdj², Lav Bavčević³, Sunčana Geček¹,
Branimir K. Hackenberger², Nina Marn¹, Jasminka Klanjšček¹, Marija Purgar¹, Jadranka Pečar Ilić¹,
Tin Klanjšček¹

¹*Division for Marine and Environmental Research, Ruđer Bošković Institute, Bijenička cesta 54, Zagreb, Croatia;* ²*Sub-Department of Quantitative Ecology, Department of Biology, University of Osijek, Cara Hadrijana 8A, Osijek, Croatia;* ³*Department of Ecology, Agriculture and Aquaculture, University of Zadar, Trg kneza Višeslava 9, Zadar, Croatia*
e-mail: ihaberle@irb.hr

Aquaculture of gilthead sea bream in the Mediterranean faces changes of environmental conditions due to faster-than-average climate change in the region. To support adequate and timely adaptations to new condition, quantification of climate change impacts on aquaculture production is crucial.

Using physiological modeling, we estimate the mid- and long-term effects of climate change on key aquaculture indicators – time-to-market and feed conversion ratio – during two-year farming cycles starting in 2021 (reference period), 2051 (mid-term), and 2091 (long-term). We also quantify two aggregate environmental indicators determining suitability for aquaculture of gilthead sea bream, and potentially other species - average temperature as a proxy for warming, and number of days with sea water temperature above the upper thermal limit for growth.

Results show that time-to-market generally decreases with increase of temperature, particularly in regions where number of days exceeding the upper thermal limit remains stable. The feed conversion ratio at market size shows no significant change with climate change, but it does increase for the complete two-year culturing period, due to faster growth and greater final weight. While relatively positive outlooks are identified in the mid-term period, the greatest negative long-term effects of climate change are expected in currently highly productive aquaculture regions: Levantine, Aegean, and Adriatic seas, and coastal waters of Tunisia.

Keywords: Dynamic Energy Budget, *Sparus aurata*, IPCC RCP climate projection scenarios, food conversion ratio, time to market

Životni ciklusi reznjaka (Scyphozoa) u Aquariumu Pula

Klara Mičić, Ilenia Sudulić, Milena Mičić
Aquarium Pula d.o.o., Ulica Verudella 33, 52100 Pula, Hrvatska
e-mail: milena.micic@aquarium.hr

Posljednjih godina, masovno razmnožavanje pojedinih vrsta reznjaka (Scyphozoa) uzrokuje značajne promjene u ekološkoj ravnoteži jadranskog ekosustava, ponajviše u njegovom sjevernom dijelu. Stoga je uspostavom uzgoja nespolne generacije za izložbene i edukativne svrhe, Aquarium Pula (AP) već 2014. godine započeo s upoznavanjem životnog ciklusa reznjaka vrste *Aurelia* spp. Molekularnim istraživanjima iz 2021. godine, vrsta roda *Aurelia* spp. determinirana je kao alohtona, invazivna vrsta *A. coerulea*. Od autohtonih vrsta roda *Aurelia*, trenutno se istražuje životni ciklus endemske vrste *A. relictata* iz Mljetskih jezera. Preliminarni rezultati istraživanja ukazuju da su niske temperature optimalne za njihov rast i razvoj. Od ostalih jadranskih vrsta uspostavljen je i uzgoj *Rhizostoma pulmo*, *Cotylorhiza tuberculata* i *Chrysaora hysoscella*, a od 2021. godine uključen je i uzgoj egzotičnih vrsta: *Cassiopea* sp., *Stomolophus meleagris*, *Chrysaora plocamia*, *Chrysaora colorata*, *Sanderia malayensis* i *Phacellophora camtschatica*. Ustanovljeno je da strobilacija reznjaka nastaje prirodnim i induciranim putem, odnosno temperaturnim šokom. Potrebna su daljnja istraživanja reznjaka kao potencijalnih indikatora zdravlja morskih ekosustava jer pojava masovnih agregacija uslijed povišenja temperature mora i antropogenih utjecaja, negativno utječe na gospodarstvo, ponajviše na ribarstvo i turizam.

Ključne riječi: Scyphozoa, *ex-situ*, nespolno razmnožavanje, masovno razmnožavanje

Life cycles of jellyfish (Scyphozoa) at Aquarium Pula

Klara Mičić, Ilenia Sudulić, Milena Mičić
Aquarium Pula d.o.o., Ulica Verudella 33, 52100 Pula, Hrvatska
e-mail: milena.micic@aquarium.hr

In recent years, the massive proliferation of certain jellyfish species (Scyphozoa) has caused significant changes in the ecological balance of the Adriatic ecosystem, particularly in its northern part. Therefore, Aquarium Pula (AP), in 2014, initiated the husbandry of the asexual generation for exhibition and educational purposes, to raise awareness about the life cycle of *Aurelia* spp. Molecular research conducted in 2021 determined that the *Aurelia* spp. belongs to the allochthonous, invasive species *A. coerulea*. Among the indigenous species of the *Aurelia* genus, the life cycle of the endemic species *A. relictata* from Mljet Lakes is being researched. Preliminary results suggest that low temperatures are optimal for their growth and development. Breeding of

other Adriatic species, such as *Rhizostoma pulmo*, *Cotylorhiza tuberculata*, and *Chrysaora hysoscella*, has also been established. Since 2021, the husbandry of exotic species, such as *Cassiopea sp.*, *Stomolophus meleagris*, *Chrysaora plocamia*, *C. colorata*, *Sanderia malayensis* and *Phacellophora camtschatica*, has been included as well. It has been observed that jellyfish strobilation occurs naturally and can be also be induced through temperature shock. Further research on jellyfish as potential indicators of the health of marine ecosystems is necessary, as the occurrence of massive aggregations due to rising sea temperatures and anthropogenic influences negatively impacts the economy, particularly fishing and tourism.

Keywords: Scyphozoa, ex-situ, asexual reproduction, mass proliferation.

Biološko-ekološke značajke plavog raka (*Callinectes sapidus* Rathbun 1896) u ornitološkom rezervatu Palud – Palù

Matej Čief, Neven Iveša, Moira Buršić, Davorka Turković, Rea Jelenović, Andreja Kokorović, Nicol Delcaro, Paolo Paliaga
Fakultet prirodnih znanosti, Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, Zagrebačka 30, 52100 Pula
e-mail: mcief@student.unipu.hr

Dolaskom u nova staništa, invazivne strane vrste mogu negativno utjecati na stabilnost ekosustava. Jedna od 100 najinvazivnijih vrsta na Sredozemlju je plavi rak (*Callinectes sapidus*, Rathbun 1896) koji je detektiran i u slanoj močvari ornitološkog rezervata Palud – Palù na zapadnoj obali Istre. Kako bi se na tom području utvrdile njegove biološko - ekološke značajke analizirane su jedinke plavih rakova prikupljene od svibnja do listopada 2022. godine. Nakon određivanja spola i vaganja, jedinkama su uzete morfometrijske mjere; duljina (CL) i širina glavopršnjaka (CW) za izračun indeksa kondicije (FI%) te je analiziran sadržaj želudca. Izvagani su hepatopankreas i gonade kako bi se izračunali hepatosomatski (HSI%) i gonadosomatski indeks (GSI%) tijekom sezona. U populaciji plavih rakova u rezervat Palud – Palù od sveukupno 79 sakupljenih jedinki prevladavali su mužjaci (82%). Najveće vrijednosti FI% zabilježene su u toplijem dijelu godine, kao i HSI% (3.52) dok su najveće vrijednosti GSI% utvrđene na proljeće (1,61), odnosno u vrijeme mrijesta. U prehrani su utvrđeni rakovi, mekušci, ribe te alge i morske cvjetnice. Ovi preliminarni podaci o biološko-ekološkim značajkama plavog raka ukazuju da je vrsta na području ornitološkog rezervata Palud – Palù uspostavila populaciju koja može negativno utjecati na ekosustav rezervata zbog čega je potrebno redovito provoditi monitoring i razmotriti odgovarajuće mjere u cilju smanjenja njegova prodora u rezervat i/ili uklanjanje iz tog biološki vrijednog staništa.

Ključne riječi: plavi rak, biološko-ekološke značajke, Palud – Palù

The biological and ecological features of the blue crab (*Callinectes sapidus* Rathbun 1896) in the Palud - Palù ornithological reserve

Matej Čief, Neven Iveša, Moira Buršić, Davorka Turković, Rea Jelenović, Andreja Kokorović, Nicol Delcaro, Paolo Paliaga
Faculty of Natural Sciences, Juraj Dobrila University of Pula, Zagrebačka 30, 52100 Pula, Croatia
e-mail: mcief@student.unipu.hr

By arriving in new habitats, invasive species can negatively affect ecosystem stability. One of the 100 most invasive species in the Mediterranean is the blue crab (*Callinectes sapidus*, Rathbun 1896), which has also been detected in the salt marsh of the ornithological reserve Palud - Palù on

the west coast of Istria. In order to determine its biological and ecological features in that area, individuals of blue crabs were collected and analyzed between May and October 2022. The collected data showed that out of a total of 79 individuals, males dominated the population of blue crabs in the Palud - Palù reserve, accounting for 82% of the collected individuals. Morphometric measurements were taken, including length (CL) and width of the cephalothorax (CW), to calculate the condition index (FI%) and assess the overall condition of the crabs. The highest values of FI% were recorded during the warmer part of the year, indicating better condition during those periods. The hepatosomatic index (HSI%), calculated by weighing the hepatopancreas, reached its highest values (3.52) during the same warmer periods. This suggests that the blue crabs allocate more energy towards their hepatopancreas during those times. The gonadosomatic index (GSI%), calculated by weighing the gonads, showed the highest values (1.61) in spring, which corresponds to the spawning season for the blue crabs in that area. The diet analysis revealed that the blue crab's diet includes crustaceans, mollusks, fish, algae, and seagrass. This indicates that the blue crab has a diverse diet and can have an impact on the local food web and trophic interactions. These preliminary data on the biological and ecological features of the blue crab in the Palud - Palù reserve suggest that the species has established a population that could potentially negatively impact the reserve's ecosystem. Therefore, regular monitoring and appropriate measures should be considered to reduce its spread into the reserve or remove it from this biologically valuable habitat.

Key words: blue crab, biological-ecological features, Palud – Palù

Rasprostranjenost i značajke naselja endemske vrste *Fucus virsoides* J. Agardh (1868) u Novigradskom moru

Mirna Šarić, Nela Mandić
Gimnazija Franje Petrića, Zadar
e-mail: mirnazd12@gmail.com

Jadranski bračić (*Fucus virsoides* J. Agardh, 1868) strogo je zaštićena smeđa alga. Endem je Jadranskog mora te je ujedno i relik. Njegova rasprostranjenost najbolje je zabilježena na sjeveru Jadrana, dok su za ostatak Jadrana podaci skromni. Potaknuti klimatskim promjenama i antropogenim utjecajima te njihovim zajedničkim djelovanjem na smanjenje bioraznolikosti u obalnom području, cilj ovog istraživanja bio je bilježenje rasprostranjenosti i značajki naselja jadranskog bračića u Novigradskom moru. Navedeni je endem pronađen na devet od deset pregledanih lokacija s obilježjima koja karakteriziraju staništa bračića. Osim prisutnosti navedenog endema, zabilježeni su i fizikalno-kemijski i specifični ekološki uvjeti istraživanih staništa. Rezultati prikupljeni ovim istraživanjem ukazuju na to kako unatoč klimatskim promjenama i antropogenim pritiscima na Jadransku obalu još uvijek postoje lokacije na kojima se nalaze dobro razvijena naselja jadranskog bračića, no kako bismo ih sačuvali potrebno ih je zabilježiti te podizati svijest javnosti o ugroženosti ovog endema.

Ključne riječi: jadranski bračić, endem, kartiranje staništa, Natura 2000 područje

Distribution and characteristics of colonies of the endemic species *Fucus virsoides* J. Agardh (1868) in the Novigrad Sea

Mirna Šarić, Nela Mandić
Gimnazija Franje Petrića, Zadar, Croatia
e-mail: mirnazd12@gmail.com

Fucus virsoides J. Agardh (1868) is a strictly protected brown alga. It is a relic endemic to the Adriatic Sea. Its distribution is best recorded in the north part of the Adriatic Sea, while data for the rest of the Adriatic Sea is modest. Motivated by climate changes and anthropogenic influences and their combined effect on the reduction of biodiversity in the coastal area, this research aimed to record the distribution and characteristics of the *F. virsoides* settlements in the Novigrad Sea. The mentioned endemic was found in nine out of ten surveyed locations, with features that characterize *F. virsoides* habitats. In addition to the presence of the mentioned endemic, the physicochemical and specific ecological conditions of the surveyed habitats were also recorded. The results collected by this research indicate that despite climate change and anthropogenic pressures on the Adriatic coast, there are still locations where there are well-developed settlements of *F. virsoides*. Still, in order to preserve them, it is necessary to record them and raise public awareness of the endangerment of this endemic.

Key words: *Fucus virsoides*, endemic, habitat mapping, Natura 2000 area

Pod utjecajem, ali se širi: studija slučaja livade *Cymodocea nodosa* u Natura 2000 području Ušće Cetine

Jelena Kurtović Mrčelić¹, Branimir Radun², Silvija Kipson³

¹ Javna ustanova More i Krš, Prilaz braće Kaliterna 10, 21000 Split, Hrvatska; ² OIKON - Institut za primijenjenu ekologiju, Trg senjskih uskoka 1-2, 10000 Zagreb, Hrvatska; ³ SEAFAN - obrt za znanstvene i stručne usluge, Voltino 14, 10 000 Zagreb, Hrvatska
e-mail: jelena.kurtovic@moreikrs.hr

Livade morskih cvjetnica ključni su ekosustavi koji povećavaju bioraznolikost te podupiru ribarstvo, skladištenje ugljika i zaštitu obale, ali su i ugrožene. Kao i sve morske cvjetnice, *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson je strogo zaštićena vrsta u Hrvatskoj i može biti važan graditelj ekosustava EU stanišnog tipa Pješčana dna trajno prekrivena morem (1110). U okviru projekta Interreg Italija - Hrvatska CASCADE koristili smo metode daljinskih istraživanja kako bismo procijenili pokrovnost livade *C. nodosa* unutar Natura 2000 područja HR 3000126 Ušće Cetine i detektirali promjene prvenstveno uzrokovane mehaničkim utjecajima tijekom razdoblja od 10 godina. Procjenjujemo da je između 2014. i 2017. ukupno 1.81 ha livade bilo pogođeno vađenjem pijeska i dodatnih 0.55 ha obalnom izgradnjom. Iako se početak obnove može identificirati na oko 70% površine livade s mogućnošću oporavka, pogođene površine nisu se potpuno oporavile 5 godina nakon utjecaja. No, unatoč nekadašnjem mehaničkom utjecaju i tek djelomičnom oporavku, površina livade *C. nodosa* unutar ušća Cetine se u 10 godina ukupno povećala za 10.4 ha. Zaustavljanje destruktivnih utjecaja i održavanje dobre kakvoće vode potencijalno u kombinaciji s povećanom temperaturom morske vode moglo je pogodovati utvrđenom širenju ove mediteranske morske cvjetnice s višim termalnim optimumom. Novouspostavljeni promatrački sustav na Ušću Cetine omogućit će bolje razumijevanje odgovora *C. nodosa* na daljnje posljedice klimatskih promjena.

Ključne riječi: Natura 2000, daljinska istraživanja, *Cymodocea nodosa*, vađenje pijeska, projekt CASCADE

Impacted yet expanding: the case study of *Cymodocea nodosa* meadow in the Natura 2000 site Cetina Estuary

Jelena Kurtović Mrčelić¹, Branimir Radun², Silvija Kipson³

¹ Public Institute More i Krš, Prilaz braće Kaliterna 10, 21000 Split, Croatia; ² OIKON - Institute for Applied Ecology, Trg senjskih uskoka 1-2, 10000 Zagreb, Croatia; ³ SEAFAN - Marine Research and Consultancy, Voltino 14, 10 000 Zagreb, Croatia
e-mail: jelena.kurtovic@moreikrs.hr

Seagrass meadows, key ecosystems enhancing biodiversity and supporting fisheries, carbon sequestration and coastal protection, are threatened. As all seagrasses, *Cymodocea nodosa* (Ucria)

Ascherson is a strictly protected species in Croatia and may present an important ecosystem engineer of the EU habitat type Sandbanks which are slightly covered by the seawater all the time (1110). Within the Interreg Italy - Croatia CASCADE project we employed remote sensing methods to assess the extent of *C. nodosa* meadow in the Natura 2000 site HR 3000126 Cetina Estuary and detect changes primarily due to mechanical impacts over 10 yr period. Between 2014 and 2017 we suspect a total of 1.81 ha of the meadow was affected by sand extraction and additional 0.55 ha by coastal construction. Although initiation of regeneration can be identified over 70% of a recoverable meadow area, affected surfaces have not completely recovered 5 yr after the impacts. However, despite of former mechanical impact and partial recovery, the area of *C. nodosa* meadows within the Cetina Estuary has increased overall by 10.4 ha in 10 yr. Halting destructive impacts and maintaining good water quality putatively in combination with increased seawater temperature may have benefited the observed expansion of this Mediterranean seagrass with higher thermal optima. Newly established observing system in the Cetina Estuary will enable deeper understanding of *C. nodosa* response to further consequences of climate change.

Key words: Natura 2000, remote sensing, *Cymodocea nodosa*, sand extraction, CASCADE project

Redefinicija uloge znanstvenika u doba klimatske krize

Nikola Biliškov

Institut Ruđer Bošković, Bijenička cesta 54, 10000 Zagreb, Hrvatska

e-mail: nbilis@irb.hr

Kao znanstvena činjenica i multidisciplinarni problem, klimatske promjene su jedna od važnih tema suvremene znanosti. No, u realnosti zaoštrenih klimatskih promjena u kontekstu još kompleksnije ekološke krize, potrebno je preispitati ulogu znanstvenika. Drugim riječima, pitamo se smiju li si znanstvenici i dalje dopuštati ostajanje u vlastitim zonama komforčnosti akademskih institucija ili su dužni javno istupati, aktivno zagovarati ambiciozne političke odgovore na klimatsku krizu? Naročito u zadnjem desetljeću svjedočimo sve intenzivnijem angažmanu znanstvenika, i to kroz cijeli spektar aktivizma, od najformalnijeg u okviru znanstvenih društava i organizacija, sve do različitih oblika direktne akcije. Ovdje donosimo kratki pregled i usporedbu znanstvenog aktivizma u Hrvatskoj s istim u EU, kao i globalno.

Ključne riječi: klimatska kriza, znanstveni aktivizam

Redefinition of the role of scientists in the age of climate crisis

Nikola Biliškov

Ruđer Bošković Institute, Bijenička cesta 54, 10000 Zagreb, Croatia

e-mail: nbilis@irb.hr

As a scientific fact and a multidisciplinary problem, climate change is obviously one of the important topics of contemporary science. However, in the reality of exacerbated climate change in the context of an even more complex ecological crisis, it is necessary to reconsider the role of scientists. In other words, a question arises whether scientists can still allow themselves to remain in their own comfort zones of academic institutions, or are they obliged to engage publicly, by active advocating ambitious political responses to the climate crisis? Especially in the last decade, we are witnessing an increasingly intense engagement of scientists, through the entire spectrum of activism, from the most formal within the framework of scientific societies and organizations, all the way to various forms of direct action. Here we provide a brief overview and comparison of scientific activism in Croatia with the same in the EU, as well as globally.

Keywords: climate crisis, scientific activism

Efekt mikroplastike u sustavu u kojem nastaje CaCO₃ - biomineral skeleta i ljuštura morskih organizama

Nives Matijaković Mlinarić¹, Katarina Marušić¹, Antun Lovro Brkić², Marijan Marcijuš¹, Tamara Aleksandrov Fabijanić⁴, Nenad Tomašić³, Atiđa Selmani⁵, Eva Roblegg⁵, Damir Kralj¹, Ivana Stanić¹
Branka Njegić Džakula¹, Jasminka Kontrec¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Bijenička cesta 54, 10000 Zagreb, Hrvatska;* ²*Institut za fiziku, Bijenička cesta 46, 10000 Zagreb, Hrvatska;* ³*Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Horvatovac 102a, Zagreb, Hrvatska;* ⁴*Fakultet za strojarstvo i brodogradnju, Sveučilište u Zagrebu, Ivana Lučića 5, 10000 Zagreb, Hrvatska;* ⁵*Institut za farmaceutске znanosti, Sveučilište u Grazu, Universitätsplatz 1, 8010 Graz, Austrija*
e-mail: jasminka.kontrec@irb.hr

Kalcijev karbonat (CaCO₃) izgrađuje čvrsta tkiva (skelet / ljuštura) vodenih organizama. Cilj ovog rada je istražiti interakciju mikroplastike (MP) i MP tretirane huminskom kiselinom (MP-HA) sa CaCO₃ te time posljedično doprinijeti razumijevanju interakcija MP sa čvrstim tkivom vodenih organizama. HA je aktivna komponenta otopljene organske tvari kojoj je izložena MP u prirodi. Provedena su laboratorijska fundamentalna istraživanja procesa taloženja i karakterizacije CaCO₃ uz dodatak MP. Rezultati istraživanja su pokazali da se MP ugrađuje u CaCO₃ te da utječe na svojstva tako nastalog produkta.

Ključne riječi: mikroplastika, kalcijev karbonat, procesi taloženja

Effect of microplastics in the system where CaCO₃ is formed - a biomineral of marine organism's skeletons and shells

Nives Matijaković Mlinarić¹, Katarina Marušić¹, Antun Lovro Brkić², Marijan Marcijuš¹, Tamara Aleksandrov Fabijanić⁴, Nenad Tomašić³, Atiđa Selmani⁵, Eva Roblegg⁵, Damir Kralj¹, Ivana Stanić¹
Branka Njegić Džakula¹, Jasminka Kontrec¹

¹*Ruđer Bošković Institute, Bijenička cesta 54, 10000 Zagreb, Croatia;* ²*Institute of Physics, Bijenička cesta 46, 10000 Zagreb, Croatia;* ³*Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, Zagreb, Croatia;* ⁴*The Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, University of Zagreb, Ivana Lučića 5, 10000 Zagreb, Croatia;* ⁵*Institute of Pharmaceutical Sciences, University of Graz, Universitätsplatz 1, 8010 Graz, Austria*
e-mail: jasminka.kontrec@irb.hr

Calcium carbonate (CaCO₃) builds hard tissue (skeleton / shell) of aquatic organisms. The aim of this work is to investigate the interactions of microplastics (MP) and humic acid treated MP (MP-HA) with CaCO₃, and thus to contribute to the better understanding of the interactions of

MP with the hard tissue of marine organisms. HA is a reactive component of dissolved organic matter to which MP are exposed in nature. Laboratory studies of the CaCO_3 precipitation and characterization with the addition of MP were performed.

The results showed that MP is encapsulated in CaCO_3 and influences its properties.

Key words: microplastics, calcium carbonate, precipitation processes

Utjecaj zagađenja mikroplastikom od slatkovodnih do morskih ekosustava

Vlatka Filipović Marijić¹, Tatjana Mijošek¹, Sara Šariri¹, Zuzana Redžović¹, Dušica Ivanković¹, Ana Gavrilović², Tena Radočaj², Neven Cukrov¹, Damir Valić¹, Tomislav Kralj¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Bijenička 54, 10000 Zagreb, Hrvatska;* ²*Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska*
e-mail: vfilip@irb.hr

Moderan način života rezultira stalnim unosom različitih zagađivala u vodene ekosustave, među kojima se plastika u morskim ekosustavima smatra globalnim okolišnim problemom. Iako se rjeđe istražuju, važni izvori unosa mikroplastike u more su rijeke, posebno uz područja komunalnih ispusta. Kroz ovo istraživanje smo odredili prisutnost mikroplastike u Jadranskom moru uz ušće rijeke Neretve, primjenom tri vrste riba, oslića, arbuna i trlje blatarice, kao reprezentativnih bioindikatora. Uz to, u rijeci Krki je određena prisutnost mikroplastike pored ispusta komunalnih i industrijskih otpadnih voda primjenom potočne pastirke kao bioindikatora. Čest biološki odgovor na utjecaj mikroplastike je oksidativni stres te je glavni cilj rada odrediti biomarkere oksidativnog stresa (malondialdehid, MDA; glutation, GSH; katalaza, CAT), izloženosti organskim zagađivalima i metalima (acetilkolinesteraza, AChE) te općeg stresa (ukupni proteini, TP) u tkivima riba. Rezultati su ukazali na prisutnost 10-17 % otpada u ukupnom koćarskom ulovu, uglavnom plastike, dok su svi uzorci slatke i morske vode sadržavali mikroplastiku. Iako je u svih jedinki riba izolirana mikroplastika iz sadržaja crijeva, biomarkeri oksidativnog stresa uglavnom nisu bili značajno različiti između područja pod različitim utjecajem zagađenja. Ovakvi rezultati ukazuju na prisutnost mikroplastike u vodi te crijevima riba čime se ističe važnost praćenja utjecaja plastike na slatkovodne i morske ekosustave.

Ključne riječi: Jadransko more, Krka, Neretva, mikroplastika, ribe

Impact of microplastic pollution from freshwater to marine ecosystems

Vlatka Filipović Marijić¹, Tatjana Mijošek¹, Sara Šariri¹, Zuzana Redžović¹, Dušica Ivanković¹, Ana Gavrilović², Tena Radočaj², Neven Cukrov¹, Damir Valić¹, Tomislav Kralj¹

¹*Ruđer Bošković Institute, Division for Marine and Environmental Research, Croatia, 10000 Zagreb, Bijenička 54;* ²*University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Croatia, 10000 Zagreb, Svetošimunska cesta 25*
e-mail: vfilip@irb.hr

Modern life leads to continuous input of various pollutants into aquatic ecosystems, of which marine plastic is considered a global environmental problem. Important sources of microplastics

in the sea are river ecosystems, especially near municipal outlets, but their impacts are less studied. In our research, the presence of microplastics near the Neretva River mouth in the Adriatic Sea was studied using three fish species, European hake, sea bream and red mullet, as representative bioindicators. Moreover, microplastic presence from municipal and industrial outlets in the Krka River was investigated, using brown trout as a bioindicator. Oxidative stress is reported as a commonly observed biological response to microplastics, so the main goal was to determine biomarkers of oxidative stress (malondialdehyde, MDA; glutathione, GSH; catalase, CAT), organic and metal exposure (acetylcholinesterase, AChE) and general stress (total proteins, TP) in fish tissues. The results showed that 10-17 % of the total trawl catch contained waste, mainly plastic, while all fresh and marine water samples contained microplastics. Although microplastics were isolated from the gut contents of all fish individuals, oxidative stress biomarkers were mostly not significantly different among areas with different pollution exposure. Such results point to the presence of microplastics in water and fish gut and highlight the importance of assessing the impact of plastics in freshwater and marine ecosystems.

Keywords: Adriatic Sea, Krka, Neretva, microplastics, fish

Istraživanje morskog otpada u južnom Jadranu – živi laboratorij Elafitskog arhipelaga

Natalija Špeh¹, Robert Lončarić²

¹*Faculty of Environmental Protection, Trg mladosti 7, 3320 Velenje, Slovenia;* ²*University of Zadar, Department of Geography, Ulica dr. Franje Tuđmana 24 i, 23000 Zadar, Croatia*
e-mail: natalija.speh@fvo.si

Morski otpad (MO) je bilo koji objekt antropogenog porijekla koji je dospio u morske ekosustave. Elafitsko otočje je posebno izloženo morskom otpadu što ugrožava njegov status popularne turističke destinacije. Istraživanje je provedeno između 2021. i 2023. na 18 prethodno određenih lokacija uz upotrebu sveobuhvatnog sustava indikatora onečišćenja obale. Analiza podataka pokazala je da je u promatranom razdoblju ukupan volumen morskog otpada reduciran za 49,1%, odnosno na 22,3 m³ što ukazuje na uspješne intervencije s ciljem ublažavanja utjecaja MO na obalama arhipelaga. Također je zabilježena i promjena u sastavu MO jer je kućanski otpad u 2023. godini zamijenio biomasu kako najzastupljeniji tip otpada. Ta promjena odražava promjene u ponašanju potrošača kao i povećanje količine otpada povezanog uz turističke djelatnosti. Posebice je primjetno povećanje prosječnog udjela plastike u otpadu na 74,2% u 2023. godini što nameće potrebu hitnog rješavanja problema plastičnog otpada, ne samo na otočju već i u širem području. Rezultati istraživanja ukazuju na vrijednost geografskog integriranog pristupa u monitoringu MO kao i u ublažavanju njegovog negativnog utjecaja na obale, dok su značajno smanjenje ukupnog volumena MO kao i promjene u njegovom sastavu indikatori učinkovitosti provedenih intervencija. Dobiveni rezultati također ističu potrebu primjene dugoročno održivih načina upravljanja otpadom, kao i potrebu podizanja svijesti o MO među lokalnim stanovništvom i turistima, s ciljem očuvanja morskih ekosustava u Jadranu.

Ključne riječi: morski otpad, onečišćenje obala, registar, Elafitsko otočje, Hrvatska

Marine litter survey in the south Adriatic Sea – living lab of Elaphites archipelago

Natalija Špeh¹, Robert Lončarić²

¹*Faculty of Environmental Protection, Trg mladosti 7, 3320 Velenje, Slovenia;* ²*University of Zadar, Department of Geography, Ulica dr. Franje Tuđmana 24 i, 23000 Zadar, Croatia*
e-mail: natalija.speh@fvo.si

Marine litter (ML) is any object of anthropogenic origin that ends up in marine ecosystem. The Elaphites islands in the south Adriatic region are particularly vulnerable due to their popularity as a tourist destination.

A comprehensive indicators' approach was implemented, surveying 18 predetermined locations along the shores from 2021 to 2023. Analysis of the data revealed a remarkable 49.1% reduction

in total marine litter volume, resulting in a final volume of 22.3 m³. This decrease indicates the success of interventions in mitigating marine litter on the islands.

Additionally, there was a shift in the composition of marine litter types, with household litter surpassing biomass as the prevailing category in 2023. This change reflects evolving consumer behaviour and increased waste generation related to tourism. Notably, the average share of plastic waste rose to 74.2% in 2023, underscoring the urgency to address plastic pollution in the region. These findings highlight the value of a geographical integrated approach in monitoring and mitigating marine litter. The significant reduction in total volume and the shift in litter composition demonstrate the effectiveness of interventions. It emphasizes the need for sustainable waste management practices, raising awareness among residents and tourists, and implementing policies to preserve the Adriatic Sea ecosystem.

Key words: marine litter, coast pollution, register, Elaphites islands, Croatia

Nužnost monitoringa luka u očuvanju biodiverziteta, gospodarstva i ljudskog zdravlja - projekt ProtectAS

Romina Kraus¹, Ana Baričević¹, Antonio Blažina², Marina Brailo Šćepanović³, Alin Brajković¹, Ana Bratoš Cetinić³, Dalibor Carević⁴, Arijana Cenov^{5,6}, Marin Glad^{5,6}, Sanja Grđan³, Nermin Hasanspahić⁷, Renato Ivčec², Tin Kulić⁴, Goran Lončar⁴, Daniela Marić Pfannkuchen¹, Karlo Maškarić³, Josip Mikuš³, Đani Mohović², Denis Škalic¹, Darija Vukić Lušić^{5,6}, Marijana Pećarević³
¹Institut Ruđer Bošković, Centar za istraživanje mora, Rovinj, Giordana Paliage 5, Rovinj, Hrvatska; ²Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, Studentska ulica 2, Rijeka, Hrvatska; ³Sveučilište u Dubrovniku, Odjel za primijenjenu ekologiju, Ćira Carića 4, Dubrovnik, Hrvatska; ⁴Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zavod za hidrotehniku, Savska cesta 16, Zagreb, Hrvatska; ⁵Medicinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Braće Branchetta 20, Rijeka, Hrvatska; ⁶Nastavni zavod za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije, Krešimirova 52a, Rijeka, Hrvatska; ⁷Sveučilište u Dubrovniku, Pomorski odjel, Ćira Carića 4, Dubrovnik, Hrvatska
e-mail: kraus@cim.irb.hr

Balastne vode jedan su od glavnih vektora prijenosa vrsta između morskih regija. Smatra se da klimatske promjene povećavaju vjerojatnost uspješne prilagodbe unesenih alohtonih vrsta na nova područja. Monitoring luka omogućuje njihovo rano otkrivanje, predviđanje mogućih utjecaja na temelju iskustava u drugim područjima, te pravovremenu primjenu mjera za sprječavanje negativnih utjecaja koje bi alohtone vrste mogle izazvati. Suzbijanjem njihovog širenja moguće je očuvati bioraznolikost, morske resurse i gospodarstvo, posebice ribarstvo. Osim toga, monitoring luka omogućuje otkrivanje štetnih autohtonih i kozmopolitskih vrsta toksičnog fitoplanktona i humanih patogena koje mogu ugroziti zdravlje ljudi konzumacijom morskih plodova kao i tijekom izloženosti prilikom bilo kakvih aktivnosti povezanih s morem. Je li sustav upravljanja balastnim vodama mogao spriječiti negativne posljedice unosa rebraša *Mnemiopsis leidyi* na ribarstvo u Crnom moru? Hoće li se isti scenarij ponoviti i u Jadranu? Za sada ne možemo odgovoriti, ali važnost monitoringa luka u sustavu upravljanja balastnim vodama je neupitna. U svrhu izrade smjernica za monitoring luka provedeno je interdisciplinarno istraživanje u hrvatskim lukama Rijeka i Ploče. Nužnost monitoringa morskih luka te sinergijskog djelovanja svih dionika sustava kao okosnice sustava upravljanja balastnim vodama, u cilju očuvanja bioraznolikosti, gospodarstva i zdravlja ljudi, poruka je projekta ProtectAS.

Ključne riječi: alohtone vrste, balastne vode, bioraznolikost, monitoring, ribarstvo

Necessity of port monitoring to preserve biodiversity, economy and human health - ProtectAS project

Romina Kraus¹, Ana Baričević¹, Antonio Blažina², Marina Brailo Šćepanović³, Alin Brajković¹, Ana Bratoš Cetinić³, Dalibor Carević⁴, Arijana Cenov^{5,6}, Marin Glad^{5,6}, Sanja Grđan³, Nermin

Hasanspahić⁷, Renato Ivče², Tin Kulić⁴, Goran Lončar⁴, Daniela Marić Pfannkuchen¹, Karlo Maškarić³, Josip Mikuš³, Đani Mohović², Denis Škalic¹, Darija Vukić Lušić^{5,6}, Marijana Pećarević³
¹*Ruđer Bošković Institute, Center for Marine Research, Rovinj, Giordana Paliage 5, Rovinj, Croatia;*
²*University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies, Studentska ulica 2, Rijeka, Croatia;* ³*University of Dubrovnik, Department of Applied Ecology, Ćira Carića 4, Dubrovnik, Croatia;* ⁴*University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering, Department of Hydrosience and Engineering, Savska cesta 16, Zagreb, Croatia;* ⁵*Faculty of Medicine, University of Rijeka, Braće Branchetta 20, Rijeka, Croatia;* ⁶*Teaching Institute of Public Health of Primorje-Gorski Kotar County, Krešimirova 52a, Rijeka, Croatia;* ⁷*University of Dubrovnik, Maritime department, Ćira Carića 4, Dubrovnik, Croatia*
e-mail: kraus@cim.irb.hr

Ballast waters are one of the main vectors of species transfer between marine regions. Climate change is considered to increase the likelihood of successful adaptation of introduced allochthonous species to new areas. Port monitoring enables their early detection, prediction of potential impacts based on experiences in other areas and timely application of measures to prevent negative impacts allochthonous species could cause. By suppressing their spread, it is possible to preserve biodiversity, marine resources and the economy, especially fishing. In addition, port monitoring enables the detection of harmful autochthonous and cosmopolitan species of toxic phytoplankton and human pathogens that can endanger human health by consuming seafood and exposure during sea-related activities. Could the ballast water management system have prevented the negative effects of the introduced ctenophore *Mnemiopsis leidyi* on fisheries in the Black Sea? Will the same scenario be repeated in the Adriatic? We cannot answer for now, but the importance of port monitoring in the ballast water management is unquestionable. In order to create guidelines for port monitoring, interdisciplinary research was conducted in the Croatian ports of Rijeka and Ploče. The necessity of port monitoring and the synergistic action of all system stakeholders as the backbone of the ballast water management system, in order to preserve biodiversity, economy and human health, is the message of the ProtectAS project.

Keywords: allochthonous species, ballast waters, biodiversity, monitoring, fisheries

Prisutnost *Vibrio* spp. u morskom okolišu dviju hrvatskih luka – Rijeka i Ploče

Darija Vukić Lušić^{1,2}, Arijana Cenov^{1,2}, Marin Glad^{1,2}, Tea Peranić Mehanović¹, Neven Sučić, Linda Jerinić, Romina Kraus³, Dalibor Carević⁴, Tin Kulić⁴, Ana Bratoš Cetinić⁵, Josip Mikuš⁵, Marijana Pećarević⁵

¹Medicinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Braće Branchetta 20, Rijeka, Hrvatska; ²Nastavni zavod za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije, Krešimirova 52 a, Rijeka, Hrvatska; ³Institut Ruđer Bošković, Centar za istraživanje mora (CIM) Rovinj, Giordano Paliaga 5, Rovinj, Hrvatska;

⁴Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zavod za hidrotehniku, Savska cesta 16, Zagreb, Hrvatska; ⁵Odjela za primijenjenu ekologiju, Sveučilište u Dubrovniku, Ćira Carića 4, 20000 Dubrovnik, Hrvatska

e-mail: darija.vukic.lusic@medri.uniri.hr

Bakterije halofilnog roda *Vibrio* autohtone su u morskom okolišu, a kod ljudi mogu uzrokovati smrtonosne ili oportunističke infekcije. Većinom uzrokuju gastroenteritis, povezan s kontaminiranom morskom hranom ili s rekreacijskim vodama. U ovom radu ispitano je prisustvo bakterija iz roda *Vibrio* u sedimentu i morskoj vodi dviju hrvatskih luka, Rijeka i Ploče. Također, ispitana je povezanost abiotičkih čimbenika (salinitet, temperatura mora i zraka, jakost sunčevog zračenja, oborine) i prisutnosti pojedinih vrsta iz roda *Vibrio*. Brojne studije usredotočile su se na koleru, zbog velike štete koju je nanijela javnom zdravlju. Međutim, novija istraživanja su utvrdila da su i druge *Vibrio* vrste značajne za zdravlje. Nazivaju se novim patogenima, a mogu uzrokovati blaže bolesti do onih ozbiljnijih. Ukupno je ispitano 123 uzoraka, u kojima su utvrđene vrste: *V. cholerae* non-O1/non-O139, *V. alginolyticus*, *V. metschnikovii*, *V. fluvialis*, *V. parahaemolyticus*. *V. cholerae* non-O1/non-O139 utvrđen je samo u uzorcima mora, vrijednosti saliniteta 11,1-34,1, pri temperaturi mora 16,2-23,2 °C. Ostale vrste vibrija dokazane su u širem rasponu saliniteta, 5,3-39,3 i temperature mora, 11,9-27 °C, u sedimentu i morskoj vodi. Povišenje temperature mora, promjene u dinamici oborina te smanjenje saliniteta u obalnim regijama posljedica su klimatskih promjena. Promjene ovih abiotičkih čimbenika značajno će utjecati na raširenost populacije vibrija te rizik od oboljenja od bolesti koje oni izazivaju.

Ključne riječi: *Vibrio* spp., morski okoliš, salinitet, temperatura, klimatske promjene

The presence of *Vibrio* spp. in the marine environment of two Croatian ports - Rijeka and Ploče

Darija Vukić Lušić^{1,2}, Arijana Cenov^{1,2}, Marin Glad^{1,2}, Tea Peranić Mehanović¹, Neven Sučić, Linda Jerinić, Romina Kraus³, Dalibor Carević⁴, Tin Kulić⁴, Ana Bratoš Cetinić⁵, Josip Mikuš⁵, Marijana Pećarević⁵

¹Faculty of Medicine, University of Rijeka, Braće Branchetta 20, 51000 Rijeka, Croatia; ²Teaching Institute of Public Health of Primorje-Gorski Kotar County, Krešimirova 52a, 51000 Rijeka, Croatia;

³Center for Marine Research, Ruđer Bošković Institute, Giordano Paliaga 5, 52210 Rovinj, Croatia;

⁴University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering, Department of Hydrosience and Engineering, Savska cesta 16, Zagreb, Croatia; ⁵Department of Applied Ecology, University of Dubrovnik, Ćira Carića 4, 20000 Dubrovnik, Croatia
e-mail: darija.vukic.lusic@medri.uniri.hr

Bacteria of the halophilic genus *Vibrio* are autochthonous in the marine environment and can cause fatal or opportunistic infections in humans. They most commonly cause gastroenteritis associated with contaminated seafood or recreational waters. In this work, the presence of bacteria of the genus *Vibrio* in the sediment and seawater of two Croatian ports, Rijeka and Ploče, was investigated. In addition, the relationship between abiotic factors (salinity, sea and air temperature, intensity of solar radiation, precipitation) and the presence of certain species of the genus *Vibrio* was examined. Numerous studies have focused on cholera because of the great damage it has caused to public health. However, recent research has shown that other *Vibrio* species are also important for health. They are called emerging pathogens and can cause mild to severe illness. A total of 123 samples were examined, in which the following species were identified: *V. cholerae* non-O1/non-O139, *V. alginolyticus*, *V. metschnikovii*, *V. fluvialis*, *V. parahaemolyticus*. *V. cholerae* non-O1/non-O139 was found only in marine samples with a salinity of 11.1-34.1 and a sea temperature of 16.2-23.2 °C. Other species of *Vibrio* were detected in a wider range of salinity, 5.3-39.3, and sea temperature, 11.9-27 °C, in sediment and seawater. The increase in sea temperature, the changes in precipitation dynamics and the decrease in salinity in coastal regions are the result of climate change. Changes in these abiotic factors will significantly affect the spread of the *Vibrio* population and the risk of contracting the diseases they cause.

Key words: *Vibrio* spp., marine environment, salinity, temperature, climate change

Proizvodnja korisne biomase i bioremedijacija morskog okoliša pomoću dagnji *Mytilus galloprovincialis*: studija primjer UPOV Cui Rovinj

Bojan Hamer¹, Luca Privileggio¹, Andrej Jaklin¹, Dijana Pavičić-Hamer¹, Maja Maurić Maljković²,
Ivan Radetić^{1,3}, Vedran Kovačević^{1,4}

¹Centar za istraživanje mora, Institut Ruđer Bošković, Rovinj, Hrvatska; ²Zavod za uzgoj životinja i stočarsku proizvodnju, Veterinarski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska; ³Fakulteta za matematiku, naravoslovje in informacijske tehnologije, Univerza na Primorskem, Koper, Slovenija; ⁴ Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska
e-mail: privileggio.luca@gmail.com

Dagnja *Mytilus galloprovincialis* važna je komercijalna marikulturna vrsta i bitan bioindikator često korišten za praćenje prostorne-vremenske distribucije zagađivala u priobalnim vodama. Zbog sve većeg antropogenog pritiska na obalni morski okoliš, postoji nedostatak novih marikulturnih područja za proizvodnju dagnji uz istovremeno sve veću potražnju školjkaša za ljudsku prehranu. Cilj ovog istraživanja, u sklopu projekta ERA-NET BlueBio – MuMiFaST, je prikazati koncept bioremedijacije lokalnog morskog okoliša (vodenog stupca) u blizini ispusta otpadnih voda UPOV Cui pomoću dagnje *Mytilus galloprovincialis* koje mogu filtrirati do 2-5 L morske vode na sat. Osim što čiste vodeni stupac i sprječavaju širenje zagađivala, dagnje se mogu koristiti i kao izvor vrijedne biomase (npr. mesa dagnji) i drugih nusproizvoda u cirkularnom gospodarstvu.

Od nedoraslih dagnji početne veličine < 5 cm uzgojenih od kolovoza 2022. do svibnja 2023. proizvedeno je približno 400 kg dagnji na lokaciji Cui i 600 kg na kontrolnom mjestu u uzgajalištu školjki Limski zaljev. Uz druge nusproizvode (npr. bisus, ljuštore dagnji), dagnje su prvenstveno korištene za proizvodnju dagnjinog brašna, koje je korišteno kao dodatak komercijalnoj ribljoj hrani u pokusu hranidbe orade *Sparus aurata* (srpanj-rujan 2023.) kako bi se potaknuo njihov rast. Nakon izlova dagnji i utvrđivanja njihove vitalnosti i prinosa mesa, analiziran je sadržaj hranjivih tvari (proteini, ugljikohidrati, lipidi, voda, pepeo, NaCl) i mogućih zagađivala (teški metali, PAH, PCB) u proizvedenom dagnjinom brašnu.

Rezultati analiza hranjivih tvari i zagađivala ukazali su da dagnjino brašno iz Limskog zaljeva ima veći udio lipida i ugljikohidrata (bolja kvaliteta) te da je dagnjino brašno s obe lokacije u skladu s EU regulativom o dopuštenim razinama zagađivala u morskim plodovima (EU 2023/915).

Gljučne riječi: *Mytilus galloprovincialis*, bioremedijacija, proizvodnja biomase, dagnjino brašno, uređaj za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda Cui.

Biomass production and marine environment bioremediation using mussels *Mytilus galloprovincialis*: case study UPOV Cui Rovinj

Bojan Hamer¹, Luca Privileggio¹, Andrej Jaklin¹, Dijana Pavičić-Hamer¹, Maja Maurić Maljković²,
Ivan Radetić^{1,3}, Vedran Kovačević^{1,4}

¹Center for Marine Research, Ruđer Bošković Institute, Rovinj, Croatia; ²Department of Animal Breeding and Livestock Production, Faculty of Veterinary Medicine, University of Zagreb, Zagreb, Croatia; ³Faculty of Mathematics, Natural Sciences and Information Technologies, University of Primorska, Koper, Slovenia; ⁴Faculty of Chemical Engineering and Technology, University of Zagreb, Zagreb, Croatia
e-mail: privileggio.luca@gmail.com

Mussel *Mytilus galloprovincialis* is an important commercial mariculture species and a powerful bioindicator often used to monitor contaminants' spatial distribution and temporal trends in coastal waters. Due to increasing anthropogenic pressures on coastal marine environments, there is a lack of new mariculture areas for mussel production and an increasing demand for mussels for human consumption. As part of the ERA-NET BlueBio – MuMiFaST project, this study aimed to demonstrate the concept of bioremediation of the local marine environment (water column) through ecosystem services provided by the mussels *M. galloprovincialis* near the UPOV Cuvil wastewater outlet, as the mussels *Mytilus* sp. can filtrate up to 2-5 L of seawater per hour. In addition to cleaning the water column and preventing the spread of contaminants, mussels can also be used as a source of valuable biomass (e.g., mussel meat) and other byproducts in the circular economy.

From undersized mussels with an initial size of < 5 cm grown from August 2022 to May 2023, we produced approximately 400 kg of mussels at the Cuvil site and 600 kg at the control site in the Lim Bay mussel farm. In addition to other by-products (e.g., byssus, mussel shell), the mussels were primarily used to produce mussel meal (meat powder), which was used as a feed additive to commercial fish feed in a feeding trial of sea bream *Sparus aurata* (July-September 2023) to promote their growth. After harvesting the mussels and determining their vitality and meat yield, the produced mussel meal was analysed for its nutrient content (proteins, carbohydrates, lipids, water, ash, NaCl) and possible contaminants (heavy metals, PAHs, PCBs).

Comparing the results of the nutritional and contaminants analyses, it can be generally concluded that mussel meal from Lim Bay mussels has a higher lipids-carbohydrate content (better quality) and that mussel meal from both sites complies with the EU regulation on permitted levels of contaminants in seafood (EU 2023/915).

Key words: *Mytilus galloprovincialis*, Bioremediation, Biomass production, Mussel meal, Municipal wastewater treatment plant Cuvil

Utjecaj komunalnog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda Cui na kvalitetu morskih sedimenata rovinjskog priobalnog područja

Bojan Hamer¹, Mirta Smolaka Tanković¹, Andrej Jaklin¹, Dijana Pavičić-Hamer¹, Maja Maurić Maljković³, Ivan Radetić^{1,3}, Jadranka Pelikan^{1,4}, Kristina Pikelj⁴

¹Centar za istraživanje mora, Institut Ruđer Bošković, Rovinj, Hrvatska; ²Zavod za uzgoj životinja i stočarsku proizvodnju, Veterinarski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska; ³Fakulteta za matematiku, naravoslovje in informacijske tehnologije, Univerza na Primorskem, Koper, Slovenija; ⁴Geološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska

e-mail: jadranka.pelikan@gmail.com

U svrhu određivanja nultog stanja kvalitete morskih sedimenata povodom skorog puštanja u rad 3. stupnja pročišćavanja komunalnih otpadnih voda (UPOV Cui, Rovinj) u neposrednoj blizini podvodnog ispusta uzorkovan je sediment. Površinski sediment (< 3 cm) uzorkovan je u svibnju 2022. godine grabilom na kontrolnoj lokaciji RV001 (S6) 1 NM od grada Rovinja i na postajama 50 m (S7), 200 m (S8) i 1000 m (S9) udaljenim od samog ispusta.

Nakon analize veličine zrna, udjela vode i ukupnog organskog ugljika u sedimentu napravljena je analiza teških metala (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn), 16 policikličkih aromatskih ugljikovodika (PAHs) i ukupnih cikličkih kloriranih bifenila (PCBs). Dodatno u svrhu određivanja učinka sedimenata na biotu, napravljena je analiza potencijalne toksičnosti izračunom P_{avg} i P_{max} vrijednosti (US EPA) te Σ_{QN1} -kumulativni kvocijent rizika i Q_{PECM} – prosječni kvocijent rizika (francuska SQGs regulativa). Izmjerene koncentracije teških metala, pojedinačnih i ukupnih PAH-ova, kao i ukupnih PCB-a u svim uzorcima u blizini ispusta Cui i kontrolnoj lokaciji S6 u rangu su koncentracija prirodnog sadržaja. Nadalje koncentracije svih zagađivala su ispod graničnih ERL (*engl. Effect of low range 10 percentile*) i TEL (*engl. Threshold effect level - rarely*) vrijednosti (NN 28/2021), odnosno koncentracije istih ne prelaze granične vrijednosti (N1 i N2) vodiča za određivanje kvalitete sedimenata (SQGs) francuske regulative

Svi istraživani uzorci sedimenti pripadaju I kategoriji morskih sedimenata. Ekološka procjena rizika i vjerojatnost toksičnog učinka određena na temelju Q_{PECM} (< 1) prosječnog kvocijenta rizika, ukazuje da navedeni sedimenti obzirom na provedene kemijske analize zagađivala predstavljaju dobro stanje okoliša te da nema ekološkog rizika po okoliš i organizme.

Ključne riječi: Kvaliteta morskih sedimenata, teški metali, PAH, PCB, uređaj za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda Cui.

Impact of communal wastewater treatment plant Cui on marine sediments quality of Rovinj coastal area

Bojan Hamer¹, Mirta Smodlaka Tanković¹, Andrej Jaklin¹, Dijana Pavičić-Hamer¹, Maja Maurić Maljković³, Ivan Radetić^{1,3}, Jadranka Pelikan^{1,4}, Kristina Pikelj⁴

¹Center for Marine Research, Ruđer Bošković Institute, Rovinj, Croatia; ²Department of Animal Breeding and Livestock Production, Faculty of Veterinary Medicine, University of Zagreb, Zagreb, Croatia; ³Faculty of Mathematics, Natural Sciences and Information Technologies, University of Primorska, Koper, Slovenia; ⁴Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, Zagreb, Croatia

e-mail: jadranka.pelikan@gmail.com

Before the upcoming commissioning of the 3rd stage of municipal wastewater treatment (UPOV Cui, Rovinj), marine sediments in the immediate vicinity of the underwater outlet were sampled to determine the initial state of their quality. The surface sediment (< 3 cm) was sampled in May 2022 with a grab at the control location RV001 (S6) 1 NM away from the town of Rovinj, and stations 50 m (S7), 200 m (S8) and 1000 m (S9) distance from the outlet.

After analysing the grain size, water content and total organic carbon in the sediment, the analysis of heavy metals (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn), 16 polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and total cyclic chlorinated biphenyls (PCBs) was conducted. Additionally, to determine the effect of sediments on biota, a potential toxicity analysis was made by calculating P_{avg} and P_{max} values (US EPA), ΣQ_{N1} -cumulative risk quotient and Q_{PECm} – average risk quotient (French SQGs regulation).

The measured concentrations of heavy metals, individual and total PAHs, and total PCBs in all samples near the Cui outlet and control location S6 are in the range of natural content concentrations. Furthermore, the concentrations of all pollutants are below the threshold ERL (Effect of low range 10 percentile) and TEL (Threshold effect level - rarely) values (Official Gazette 28/2021), i.e., their concentrations do not exceed the threshold values (N1 and N2) of the guidelines for the quality of sediments (SQGs) identification of the French regulation.

All examined samples belong to the first category of marine sediments. Ecological risk assessment and probability of toxic effect determined based on Q_{PECm} (< 1) average risk quotient indicate that the mentioned sediments, considering the conducted chemical analyses of pollutants, represent a good environmental status and that there is no ecological risk for the environment and organisms.

Key words: Marine sediment quality, Heavy metals, PAHs, PCBs, Cui Municipal wastewater treatment plant

Klimatske promjene u Jadranu na kilometarskoj skali

Iva Tojčić¹, Cléa Denamiel¹, Petra Pranić², Ivica Vilibić¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zagreb, Hrvatska;* ²*Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split, Hrvatska*
e-mail: Iva.Tojcic@irb.hr

Jadranska klima, pod snažnim utjecajem kompleksne orografije, kontrasta između kopna i mora, intenzivne interakcije zrak-more itd., iznimno je izazovna za adekvatno simuliranje klimatskim modelima. Globalni i regionalni klimatski modeli s relativno grubom prostornom rezolucijom (od 100 do 10 kilometara) općenito nisu prikladni za reprodukciju atmosferskih procesa u Jadranu, dok povezivanje s oceanom predstavlja dodatni izazov u smislu numeričkih troškova. Međutim, modeli atmosfere i oceana na kilometarskoj skali, razvijeni prvenstveno za operativne i procesno orijentirane svrhe, imaju prednost bolje reprezentacije ključnih procesa poput orografski uvjetovanih varijacija u oborinama, vjetrovima itd., posebno tijekom ekstremnih događaja. Upravo je stoga nedavno razvijen model Adriatic Sea and Coast (AdriSC) na kilometarskoj skali kako bi se točno reproducirali atmosferski i oceanski procesi u različitim vremenskim i prostornim skalama iznad Jadrana i sjevernog Jonskog mora, obuhvaćajući utjecaj klimatskih promjena na ekstremne događaje do operativne prognoze ekstremnih razina mora duž hrvatske obale.

Unutar AdriSC modela, klimatska komponenta posvećena je proučavanju dugoročnih atmosferskih i oceanskih procesa na kilometarskoj skali koji se odvijaju u području Jadrana. Primijenjena su dva pristupa: (1) Dugoročne simulacije koje obuhvaćaju razdoblje od 1987. do 2017. za sadašnju klimu (proces evaluacije) te projiciraju daleku budućnost s visokim emisijama prema scenariju Representative Concentration Pathway (RCP) 8.5 za razdoblje od 2070. do 2100. (2) Kratkoročne simulacije koje obuhvaćaju razdoblje od 1977. do 2017. za sadašnju klimu (proces evaluacije) i projiciraju buduće klime (RCP4.5, RCP8.5) za razdoblje od 2060. do 2100. Fokus je na proučavanju brojnih ekstremnih događaja kako bi se prikazala dodana vrijednost AdriSC modela. Simulacije za daleku budućnost provedene su pomoću metode pseudo-globalnog zagrijavanja (PGW) koja je nedavno proširena na vezane modele atmosfere i oceana.

U ovom izlaganju pružit ćemo pregled strukture AdriSC modela i njegovih primjena u proučavanju jadranske klime pod sadašnjim i budućim uvjetima. To uključuje evaluaciju dugoročne simulacije AdriSC modela, kvantifikaciju bure i povezanog hlađenja oceana u dalekoj budućnosti, procjenu valova tijekom ekstremnih epizoda bure i juga u dalekoj budućnosti te analizu trendova i varijabilnosti sadašnje i buduće jadranske klime.

Ključne riječi: Jadranska klima, klimatski modeli, klimatske promjene, varijabilnost klime

Atmosphere-ocean kilometer-scale climate changes in the Adriatic Sea

Iva Tojčić¹, Cléa Denamiel¹, Petra Pranić², Ivica Vilibić¹

¹Ruđer Bošković Institute, Zagreb, Croatia; ²Institute of Oceanography and Fisheries, Split, Croatia
e-mail: Iva.Tojcic@irb.hr

The Adriatic climate – strongly affected by complex orography and ocean geomorphology, land-sea contrasts, intense air-sea interactions, etc. – is extremely challenging to adequately simulate with climate models. Global and regional climate models at a relatively coarse spatial resolution (from 100 to 10 kilometers) are generally not suitable to reproduce atmospheric processes in the Adriatic, while coupling with the ocean represent another challenge in terms of numerical cost. However, kilometer-scale coupled atmosphere-ocean models, principally developed for operational and process-oriented purposes, have the advantage to better capture critical processes such as orographically-driven variations in precipitation, winds, surface energy balance, etc., particularly during extreme events. The Adriatic Sea and Coast (AdriSC) kilometer-scale modelling suite has thus been recently developed to accurately reproduce the atmospheric and oceanic processes at different temporal and spatial scales over the Adriatic and northern Ionian Sea, ranging from the impact of climate change on extreme events to the operational forecast of extreme sea-levels along the Croatian coasts.

Within the AdriSC modelling suite, the climate component is dedicated to the study of long-term kilometer-scale atmospheric and oceanic processes occurring in the Adriatic region. Two approaches have been applied. First, long-term AdriSC climate simulations have been set-up to cover the present climate for the 1987-2017 period (evaluation run) and a far-future high-emission climate under the Representative Concentration Pathway (RCP) 8.5 scenario for the 2070-2100 period. Second, short-term simulations over a significant number of extreme events under present (1977-2017 period, evaluation runs) and projected future climates (RCP4.5, RCP8.5, 2060-2100 period) have been used to prove the added value of the AdriSC model. All far-future simulations were derived with the pseudo-global warming (PGW) methodology – recently extended to coupled atmosphere-ocean models – which imposes an additional climatological change (e.g., a temperature change representative of the increase in temperature between past and future climate) to the forcing used to produce the evaluation runs.

In this presentation I will provide an overview of the AdriSC modelling system's set up, and of its applications on studying Adriatic climate under current and future conditions. This includes the evaluation of the long-term AdriSC climate simulation, quantification of the bora wind and associated ocean cooling in the far-future climate, assessment of ocean waves during extreme bora and sirocco events in the far-future climate, and analysis of trends and variability in present and future Adriatic climate. Additionally, it will be demonstrated that the high resolution of the AdriSC kilometer-scale model enables accurate representation of even the most extreme events, making it suitable for studying a wide range of atmospheric and oceanic processes in the past and future climate of the Adriatic region.

Key words: Adriatic climate, climate models, climate change, climate variability

Važnost modela cirkulacije mora pri analizi pronosa planktonskih zajednica – primjer luka Ploče i Rijeka

Tin Kulić¹, Goran Lončar¹, Dalibor Carević¹, Romina Kraus², Marijana Pećarević³, Karlo Maškarić³

¹*Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zavod za hidrotehniku, Savska cesta 16, Zagreb, Hrvatska;* ²*Institut Ruđer Bošković, Centar za istraživanje mora (CIM) Rovinj, Giordano Paliaga 5, Rovinj, Hrvatska;* ³*Odjel za primijenjenu ekologiju, Sveučilište u Dubrovniku, Ćira Carića 4, 20000 Dubrovnik, Hrvatska*
e-mail: tin.kulic@grad.unizg.hr

Opće je poznata važnost dinamike širenja planktona pri analizama promjena u morskom ekosustavu, a suvremeni alati nude nam brojne mogućnosti za adekvatno modeliranje ovakvih procesa. Ovim će se radom naglasak staviti na izuzetnu važnost uspostavljanja pouzdanih modela cirkulacije mora koji značajno olakšavaju opisivanje i razumijevanje pronosa planktonskih zajednica uslijed djelovanja okolišnih parametara. Na primjeru hidrodinamičkih modela cirkulacije mora u luci Rijeka i na širem akvatoriju luke Ploče združenih s izvornim modelima pronosa pasivnih i aktivnih čestica opisat će se dinamika širenja planktonskih zajednica unesenih brodskim balastnim vodama. Također, dat će se uvid u interdisciplinarni pristup pri definiranju metodologije analize širenja mikroorganizama upuštenih u luke putem brodskih balastnih voda pri čemu je samo istraživanje provedeno u okviru ProtectAS projekta (KK.05.1.1.02.0013).

Ključne riječi: cirkulacija mora, pronos planktona, hidrodinamički model, pasivne i aktivne čestice, balastne vode, ProtectAS

The importance of sea circulation models in the analysis of plankton dispersal – a case study of ports of Ploče and Rijeka

Tin Kulić¹, Goran Lončar¹, Dalibor Carević¹, Romina Kraus², Marijana Pećarević³, Karlo Maškarić³

¹*University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering, Department of Hydrosience and Engineering, Savska cesta 16, Zagreb, Croatia;* ²*Ruđer Bošković Institute, Center for Marine Research, Rovinj, Giordana Paliaga 5, Rovinj, Croatia;* ³*University of Dubrovnik, Department of Applied Ecology, Ćira Carića 4, Dubrovnik, Croatia*
e-mail: tin.kulic@grad.unizg.hr

The importance of the dynamics of plankton dispersal in the analysis of changes in the marine ecosystem is well known, and modern tools provide us with numerous opportunities for adequate modelling of such processes. This paper highlights the importance of building reliable sea circulation that greatly facilitate the description and understanding of plankton community transport due to the effects of environmental parameters. Using the example of hydrodynamic

models of marine circulation in the port of Rijeka and in the wider water area of the port of Ploče, coupled with the newly developed models of the transport of passive and active particles, the dynamics of the dispersion of plankton communities brought in by the ballast water will be described. Insight is also provided into the interdisciplinary approach to defining the methodology for analyzing the spread of microorganisms introduced into ports via ships' ballast water, the research itself having been carried out as part of the ProtectAS project (KK.05.1.1.02.0013).

Key words: sea circulation, plankton transport, hydrodynamic model, passive and active particles, ballast water, ProtectAS

Primjena satelitskih tehnologija za analizu onečišćenja u Jadranskom moru

Marta Alvir, Ivana Lučin, Lado Kranjčević
Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet, Vukovarska 58, 51000 Rijeka, Hrvatska
e-mail: marta.alvir@riteh.hr

Povećanje rezolucije satelitskih snimaka te poboljšanje postojećih i razvoj novih metoda analize slika omogućili su sve veću primjenu satelitskih tehnologija za promatranje i analizu mora. Na taj način moguća je detekcija različitih vrsta onečišćenja, primjerice naftnih mrlja, uz prednosti kao što su jeftina i brza analiza velikog područja. To je posebice značajno kod praćenja mora, te u slučajevima pojave onečišćenja daleko od obale, gdje je navedena onečišćenja teško uočiti dok ne dođu do obale. Stoga se ovim istraživanjem predlaže primjena satelitskih metoda za preliminarnu kontrolu, analizu onečišćenja i praćenja promjena u Jadranskom moru kako bi se adekvatno pristupilo problemu i otkrio uzrok onečišćenja. Detaljnim uvidom u prednosti i nedostatke svake vrste satelitskih snimki cilj je dati pregled mogućnosti detekcije različitih vrsta onečišćenja i oceanografskih parametara koji se mogu analizirati. Razvijena je metodologija za primjenu satelitskih snimki, uključujući obradu slika uz strojno učenje i algoritme za klasifikaciju uočenog onečišćenja. Pokazana je primjena metodologije za analizu onečišćenja Jadranskog mora. Na kraju su prikazani koraci za buduća istraživanja i moguće primjene satelitskih metoda za praćenje i analizu onečišćenja Jadranskog mora.

Ključne riječi: satelitske snimke, obrada slike, strojno učenje, onečišćenje

Application of satellite technologies for the analysis of pollution in the Adriatic Sea

Marta Alvir, Ivana Lučin, Lado Kranjčević
University of Rijeka, Faculty of Engineering, Vukovarska 58, 51000 Rijeka, Croatia
e-mail: marta.alvir@riteh.hr

The increase in the resolution of satellite images and the improvement of existing and development of new methods of image analysis results in the more frequent application of satellite technologies for the observation and analysis of the sea. Thus, it is possible to detect different types of pollution, such as oil spills, with advantages such as cheap and fast access to a large area analysis. This is essential for sea monitoring and in cases of pollution occurring far from the coast where pollution is difficult to detect until it reaches the coast. Therefore, this research proposes applying satellite methods for preliminary control, analysis of pollution, and monitoring

of changes in the Adriatic Sea to approach the problem and discover the cause of pollution adequately. With a detailed insight into the advantages and disadvantages of each type of satellite image, the goal is to provide an overview of the detection possibilities of different types of pollution and oceanographic parameters that can be analysed. A methodology was developed for the application of satellite images, including image processing with machine learning and algorithms for the classification of observed pollution. The application of the methodology for the analysis of the pollution of the Adriatic Sea is presented. Finally, the steps for future research and possible applications of satellite methods for monitoring and analysing the pollution of the Adriatic Sea are shown.

Key words: satellite images, image processing, machine learning, pollution

Utjecaj slivnog područja na kvalitetu morske vode za kupanje u priobalnim područjima

Ivana Lučin, Marta Alvir, Siniša Družeta

Tehnički fakultet, Sveučilište u Rijeci, Vukovarska 58, 51000 Rijeka, Hrvatska

e-mail: ilucin@riteh.hr

Mikrobiološko onečišćenje mora predstavlja rizik za ljudsko zdravlje te se stoga vrše redovita mjerenja fekalnih indikatorskih bakterija. Zbog velikih troškova i dugotrajnih analiza navedena testiranja su najčešće vremensko i prostorno rijetka. Iz tog razloga predikcije kvalitete vode predstavljaju pristup koji bi povećao razinu zaštite pravovremenim upozoravanjem u slučaju rizika od onečišćenja. Navedeno se temelji na korištenju modela strojnog učenja koji uspostavljaju korelaciju između količina bakterija i meteoroloških ili okolišnih uvjeta. Padaline predstavljaju varijablu koja se vrlo često koristi zbog dokazane povezanosti s povećanjem bakterija u moru. U pregledu literature uočeno je da analiza lokacija na kojima se mjere padaline nije zastupljena, već se vrijednost padalina najčešće uzima na najbližoj meteorološkoj stanici, a čija vrijednost može značajno odstupati od padalina zabilježenih na nekim drugim lokacijama u slivnom području. S obzirom na to da na hrvatskom priobalnom području prevladava krški teren s velikim brojem podzemnih kanala i podmorskih izvora postoji rizik od brzog transporta onečišćenja sa šireg slivnog područja do obalnih područja. Navedeno je indikator da je u krškom terenu potrebno promatrati padaline na širem slivnom području kao i uzeti u obzir potencijalne rizične lokacije u svrhu identifikacije i prevencije onečišćenja mora u obalnom području.

Ključne riječi: kvaliteta vode za kupanje, predikcijski modeli, krški teren, padaline

The influence of the catchment area on the bathing water quality in coastal areas

Ivana Lučin, Marta Alvir, Siniša Družeta

University of Rijeka, Faculty of Engineering, Vukovarska 58, 51000 Rijeka, Croatia

e-mail: ilucin@riteh.hr

Microbiological pollution of the sea poses a risk to human health so regular measurements of fecal indicator bacteria are conducted. Due to the high costs and time required for obtaining results, tests are usually spatially and temporarily sparse. Therefore, water quality predictions represent an approach that can provide timely warning in case of pollution risk. This is based on machine learning models that provide a correlation between the number of bacteria and meteorological or environmental conditions. Precipitation is a variable that is often used because of its proven correlation with the increase of bacteria in the sea. In the review of the literature, it was observed that the analysis of the locations where rainfall is measured is not conducted, but the value of the

rainfall is most often taken at the nearest meteorological station, the value of which may deviate significantly from the rainfall recorded at some other locations in the catchment area. Considering that on the Croatian coast, the karst terrain prevails, which is characterized by a large number of underground channels and underwater springs, there is a risk of rapid transport of pollution from the wider catchment area to the coastal areas. This is an indicator that in the karst terrain, it is necessary to observe rainfall in the wider catchment area as well as take into account potential risk locations for identification and prevention of sea pollution in the coastal area.

Key words: bathing water quality, prediction modelling, karst terrain, rainfall

Zaštitom područja do očuvanja Jadrana

Aljoša Duplić, Gabrijela Šestani

*Zavod za zaštitu okoliša i prirode, Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, Radnička cesta
80, Zagreb, Hrvatska
e-mail: aljosa.duplic@mingor.hr*

Zaštićena područja najstariji su mehanizam zaštite prirode te imaju ključnu ulogu u očuvanju prirode i osiguravanju usluga ekosustava. Međutim, ona ispunjavaju svrhu isključivo kada je uspostavljen odgovarajući i učinkovit sustav upravljačkih mjera. Jedno od polazišta za očuvanje Jadrana pod nacionalnom jurisdikcijom RH je 12,6 % zaštićene površine koje uključuju ekološku mrežu, nacionalne kategorije i FRA Jabučka kotlina. Trenutni udio strogo zaštićenih područja iznosi svega 25,90 km², odnosno 0,05 % mora RH. U odnosu na površinu kopna pod prostornom zaštitom, mreža morskih zaštićenih područja nedostatna je u cijeloj Europi. Temeljeno na znanstvenim analizama na globalnoj razini, prostorna zaštita 30 % površine na kopnu i na moru može osigurati održivost. EU politike usmjerene su na zaštitu 30 % od čega je 1/3 u režimu stroge zaštite. U 2021. godini Hrvatska je započela proces identifikacije dodatnih područja za zaštitu u Jadranskom moru, s ciljem dosezanja 30 % zaštićene površine. Stroga zaštita isključuje ekstrakciju prirodnih dobara te podrazumijeva područja bez intervencija, dozvoljene su samo ograničene i kontrolirane aktivnosti koje ne ometaju prirodne procese i/ili poboljšavaju stanje bioraznolikosti. Ona je usmjerena na oporavak morskih ekosustava i jačanje otpornosti na pritiske i prijetnje kojima su izloženi s posebnim naglaskom na područja visoke bioraznolikosti, područja važnih mrijestilišta i rastilišta riba te područja koja su ponori i pohraništa ugljika (pr. livade morskih cvjetnica).

Ključne riječi: zaštićena područja, očuvanje bioraznolikosti, oporavak i jačanje otpornosti morskih ekosustava

Designation of marine protected areas as basis for conservation of Adriatic Sea

Aljoša Duplić, Gabrijela Šestani

*Institute for Environment and Nature, Ministry of Economy and Sustainable Development,
Radnička cesta 80, Zagreb, Croatia
e-mail: aljosa.duplic@mingor.hr*

Protected areas are the oldest mechanisms for nature conservation as they play a key role in nature conservation and ensuring ecosystem services. However, they fulfill their purpose only if appropriate and effective system of management measures is established. One of the starting points for the conservation of the Adriatic Sea under the national jurisdiction of the Republic of

Croatia is 12.6% of surface designated as marine protected areas, which include the ecological network, national protection categories and the FRA Pomo pit. Strictly protected areas cover only 25.90 km² of Adriatic Sea in Croatia, respectively 0.05% of its surface. In relation to the coverage of protected areas on land, the network of marine protected areas is insufficient throughout the whole Europe. Based on scientific analyzes at the global level, the spatial protection of 30% of the land and marine surface can ensure sustainability. EU policies are aimed at protecting 30%, of which 1/3 should be strictly protected. In 2021, Croatia began the process of identifying additional areas for protection in the Adriatic Sea, with the goal of reaching 30% of the protected area on a national level. Strict protection by its definition excludes the extraction of natural resources and implies areas without interventions, where only limited and controlled activities are allowed that do not disturb natural processes and/or improve the state of biodiversity. Strictly protected areas are aimed at the recovery of marine ecosystems and strengthening their resistance to pressures and threats to which they are exposed, with a special emphasis on areas of high biodiversity, areas of important fish hatcheries and breeding sites, as well as significant areas for carbon sequestration and carbon sinks (e.g., seagrass meadows).

Keywords: protected areas, biodiversity conservation, recovery of marine ecosystems, strengthening the resilience

Što donosi nova EU Uredba o obnovi prirode?

Ivna Horvat, Jelena Uroš, Tamara Čimbora Zovko, Ana Kobašić
Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, Radnička cesta 80, Zagreb
e-mail: ivna.horvat@mingor.hr

Gubitak bioraznolikosti i propadanje ekosustava, zajedno s klimatskim promjenama i degradacijom okoliša, predstavlja planetarnu krizu koja prijeti zdravlju i dobrobiti ljudi, gospodarstvima te potkopava napore da postignemo ciljeve održivog razvoja te ciljeve Konvencije o biološkoj raznolikosti i Pariškog sporazuma.

Europska komisija je stoga 22. lipnja 2022. predstavila Prijedlog uredbe o obnovi prirode. Sveobuhvatni cilj Prijedloga je pridonijeti neprekidnom, dugoročnom i održivom oporavku biološki raznolike i otporne prirode na svim kopnenim i morskim područjima EU-a obnovom ekosustava te pridonijeti postizanju ciljeva Unije za ublažavanje klimatskih promjena i prilagodbu tim promjenama i ispunjenju njezinih međunarodnih obveza. Kako bi se postigao taj cilj, Prijedlogom se utvrđuje više obvezujućih ciljeva i obveza u pogledu obnove za široki raspon ekosustava, uključujući i morske ekosustave. Tim bi mjerama do 2030. trebalo na razini EU-a obuhvatiti barem 20 % kopnenih i 20% morskih područja, a do 2050. sve ekosustave koje je potrebno obnoviti.

Države članice će biti dužne izrađivati nacionalne planove obnove u kojima se utvrđuju mjere obnove, usmjerene na pojedina područja, potrebne za dostizanje ciljeva i obveza.

Konačni obuhvat svih ciljeva i obveza će biti poznat tek završetkom zakonodavnog postupka, odnosno kada Vijeće i Europski parlament donesu Uredbu.

Ključne riječi: EU uredba, gubitak bioraznolikosti, obnova prirode, mjere usmjerene na pojedina područja, nacionalni plan obnove

What the new EU Regulation on nature restoration brings?

Ivna Horvat, Jelena Uroš, Tamara Čimbora Zovko, Ana Kobašić
Ministry of Economy and Sustainable Development, Radnička cesta 80, Zagreb
e-mail: ivna.horvat@mingor.hr

Biodiversity loss and ecosystems degradation, together with climate change and environmental degradation, represents a planetary crisis that threatens the health and well-being of people, economies, and undermines efforts to achieve the Sustainable Development Goals and the goals of the Convention on Biological Diversity and the Paris Agreement goals.

Therefore, on 22 June 2022, the European Commission presented a Proposal for a regulation on nature restoration. The proposal sets out an overarching objective: to contribute to the

continuous, long-term and sustained recovery of nature across the EU's land and sea areas. By restoring terrestrial and marine ecosystems it will contribute to achieving Union climate mitigation and climate adaptation objectives and meet its international commitments. To achieve this objective, the proposal sets multiple binding restoration targets and obligations across a broad range of ecosystems, including marine ones. These measures should cover at least 20% of land and 20% sea areas in the EU by 2030 and all ecosystems in need of restoration by 2050.

Member states will have to prepare national restoration plans that set out the area-based restoration measures needed to meet ecosystem-specific targets and obligations.

The final scope of all targets and obligations will be known at the end of the legislative procedure, i.e., when the Council and the European Parliament adopt the Regulation.

Key words: EU Regulation, biodiversity loss, nature restoration, area-based measures, national restoration plan

AQUARIUM PULA - primjer dobre prakse edukacije o moru (2000.–2023.)

Žana Moslavac, Manda Papac, Milena Mičić
Aquarium Pula, ulica Verudella 33, 52100 Pula, Hrvatska
e-mail: milena.micic@aquarium.hr

Aquarium Pula, uz popratni edukativni materijal u postavima, postepeno počinje razvijati oceanološku edukaciju u svrhu informiranja i osvještavanja šire javnosti. Uvodi se znanstveni ljetni kamp za vrtičke i osnovnoškolske uzraste, morsko kazalište te se organiziraju proslave dječjih rođendana (2001. – 2012.). Provedeno je preko 70 edukativnih manifestacija i više od 20 projekata s implementiranim elementima biološke edukacije. Najznačajniji edukativni program Aquariuma Pula je „Plava škola“ kojeg je pohađalo preko 100.000 sudionika iz Hrvatske i inozemstva.

Razvojem akvarija postepeno su uvedene i suvremene, interaktivne metode biološke edukacije potpomognute tehnologijom, a rezultati su korištenje podvodnih dronova, audiovodiča, chatbot-a, STEM radionica, interaktivnih panela te izrada dokumentarnih filmova. Implementacijom društvenih mreža u svrhu edukacije šire javnosti, do danas je na platformama dosegnuto preko 500 000 sveukupnih pregleda. Educiranje djece osnovnoškolskog uzrasta putem „Škole za život“, zajedno s dobivenim medijskim prostorom tijekom pandemije SARS-CoV-2, dodatno je povećalo doseg edukacije široj javnosti. Edukacija šire javnosti odvija se i kroz provođenje STEM projekta, in-situ projekta „Posejdonov vrt“, a od 2023. godine provodi se projekt očuvanja jaja lignji iz slučajnog ulova ribarstva namijenjen vrtičkim i osnovnoškolskim uzrastima. Zbog posebnih edukativnih i konzervacijskih aktivnosti Aquarium Pula čest je gost radijskih i TV emisija.

Ključne riječi: edukacija, tematske izložbe, podizanje svijesti javnosti

AQUARIUM PULA – a good practice example of marine education (2000.–2023.)

Žana Moslavac, Manda Papac, Milena Mičić
Aquarium Pula, ulica Verudella 33, 52100 Pula, Hrvatska
e-mail: milena.micic@aquarium.hr

With educational materials in its exhibits, Aquarium Pula (AP) has gradually been developing oceanological education to inform and raise awareness among the general public. AP introduced summer camps, a marine theatre and organised children's birthday celebrations (2001-2012). Over 70 educational events and more than 20 projects with implemented elements of biological education have been carried out. The most significant educational program is the "Blue School," attended by over 100,000 participants from Croatia and abroad.

With the development of the aquarium, modern interactive methods of biological education supported by technology have been gradually introduced. The results include underwater drones,

audio guides, chatbots, STEM workshops, interactive panels, and the production of documentaries. By implementing social media platforms for educational purposes, more than 500,000 views have been reached. Educating elementary scholars through the "School for Life" program, along with the media coverage during the SARS-CoV-2 pandemic, has further increased the reach of education to the broader public. Public education is also conducted by implementing STEM projects, the in-situ project "Poseidon's Garden", and, starting from 2023, a project focused on preserving squid eggs from accidental fishing catches aimed at preschool and elementary school children. Due to their special educational and conservation activities, AP is a frequent guest on radio and TV shows.

Keywords: education, thematic exhibitions, raising public awareness

Uvođenje obrazovanja o moru u obrazovanje budućih učitelja

Melita Mokos

*Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu, Sveučilište u Zadru, Trg kneza Višeslava 9, 23000
Zadar, Hrvatska
e-mail: mmokos@unizd.hr*

More ima ključnu ulogu u funkcioniranju planeta i održavanju života na Zemlji, ali i za čovjeka i društvo. Međutim, velik dio stanovnika nesusvjestan je svoje povezanosti s morem te ne razumije kako čovjek utječe na more i more na čovjeka. *Ocean literacy* ili znanje o moru za cilj ima osvijestiti tu povezanost te omogućiti ljudima da na temelju znanja i vještina donose odluke koje bi imale manji negativan utjecaj na more.

Znanje o moru ili „*ocean literacy*“ smatra se temeljem za ostvarenjem ciljeva UN-ovog Desetljeća znanosti o moru. Također je važno za postizanje održivog korištenja morskih ekosustava, održive plave ekonomije i SDG14.

Kako bi buduće generacije tijekom svog obveznog obrazovanja stekli osnovno znanje o moru potrebno je educirati i nastavnike na svim razinama obrazovanja. Stoga je na Sveučilištu u Zadru pokrenut kolegij za studente Učiteljskog studija kroz koji su se studenti mogli upoznati s odabranim temama iz područja znanosti o moru te kroz kolegij održati i određene aktivnosti u učionicama koristeći stečena znanja iz područja znanosti o moru te pedagoška i metodička znanja stečena tijekom studija.

Ključne riječi: znanje o moru, *ocean literacy*, obrazovanje, nastavnici, održivost

Introducing ocean literacy to education of pre-service teachers

Melita Mokos

*Department of Ecology, Agronomy and Aquaculture, University of Zadar, Trg kneza Višeslava 9,
23000 Zadar, Croatia
e-mail: mmokos@unizd.hr*

The sea plays a key role in the functioning of the planet and sustaining life on Earth, but also for humans and society. However, a large part of human population is unaware of their connection with the sea and doesn't understand how people impact the sea and how the sea impacts humans. Ocean literacy aims to make people aware of this connection and enable people to make decisions based on knowledge and skills that would have less negative impact on the sea.

Ocean literacy is considered as foundation for achieving the goals of the UN Decade of Ocean Science for Sustainable Development. It is also important for promoting sustainable use of marine ecosystems, sustainable blue economy and SDG14.

In order for future generations to acquire basic knowledge about the sea during their compulsory education, it is necessary to educate teachers at all levels of education. Therefore, at the University of Zadar, a course was launched for students of the Teacher's Studies, through which students could familiarize themselves with selected topics in the field of marine science, and through the course, they could also hold certain activities in classrooms using the acquired knowledge in the field of marine science, as well as the pedagogical and methodological knowledge acquired during studies.

Key words: ocean literacy, education, teachers, sustainability

Plemenita periska, *Pinna nobilis* Linnaeus, 1758, nova generacija

Ciril Mlinar Cic

Inštitut Vodni krog, CICFILM PRODUCTION

e-mail: ciril.mlinar@guest.arnes.si

Pomor školjkaša, plemenite periske (*Pinna nobilis*), sredozemnog endema, koji je zabilježen u cijelom Sredozemnom moru od 2016. do 2022. je iza nas. Pojavljuje se nova generacija školjkaša i pitanje je hoće li opstati? Posljednjih godina plemenita periska suočava s dramatičnom epidemijom koja ju je dovela do ruba opstanka. U početku su epidemiološka istraživanja pripisivala masovni pomor novoj vrsti truskovca, jednostaničnom parazitu *Haplosporidium pinnae*. Kasnija istraživanja su pokazala da i određene bakterije igraju važnu ulogu u pojavi bolesti i masovnoj smrtnosti. Novija istraživanja upućuju da je uzrok masovne smrtnosti školjkaša sinergističko i multifaktorsko djelovanje više uzročnika. Na prijelazu 2022./23., prihvatili smo se izazovnog zadatka potrage za preživjelim odraslim i novim juvenilnim primjercima ove vrste. Nažalost, duž cijele istočne obale Jadranskog mora nije pronađena niti jedna odrasla živa plemenita periska. Prvi živi mladi primjerak nakon epidemije zabilježen je u siječnju 2022. Kasnije, od studenog 2022. do veljače 2023., tijekom sustavnog pregleda slovenskog podmorja, između Sečovelja i Debelog Rtiča, pronašli smo ih još dvadesetak. Od pronađenih primjeraka, šest ih je u sjevernom području bilo označeno plutajućim pločicama s podacima, koje lebde tri četvrtine metra iznad dna u neposrednoj blizini svakog pojedinačnog primjerka). Ovakav način označavanja pokazao se prikladnim jer smo školjkaše pronašli unatoč proljetnoj pojavi smeđe alge (*Acinetospora crinita*) koja na nekim područjima dominira prekrivajući dno do pola metra visine. Ovom je metodom, na južnom položaju koji je pronađen nešto kasnije, označeno još jedanaest primjeraka. Svi markirani primjerci promatraju se svakih petnaest dana, a njihov prirast mjeri se jednom mjesečno. Pri zadnjem pregledu lokacija i temperaturi od 25°C, svi primjerci bili su živi i brzo reagirali na nagle promjene. U sedmom mjesecu praćenja, kada je temperatura mora porasla iznad 29 °C, došlo je do uginuća i kod nove generacije školjkaša. Od šest označenih primjeraka na sjevernoj lokaciji pronašli smo čak pet praznih školjki. Pritom je nešto manje pogođeno južni habitat. Od jedanaest obilježenih primjeraka samo su tri uginula. Kako bi se utvrdila moguća prisutnost patogena, preživjele periske su pregledane nedestruktivnom metodom te su uzeti uzorci vode iz unutrašnjosti ljuštura. Analiza uzoraka na Morskoj biološkoj postaji Piran i Veterinarskom fakultetu u Ljubljani pokazala je prisutnost parazita na jednom primjerku. U nadi razvoja otpornosti nove generacije plemenitih periski na uzročnike bolesti, obilježeni primjerci će se pratiti dok ne narastu do prosječne veličine od 50 do 60 centimetara, odnosno dok su živi. Želimo da prežive kao vrsta i ponovno nasele plićak našeg mora.

Ključne riječi: plemenita periska, obnova populacija, Jadransko more

Noble Pen Shell, *Pinna nobilis* Linnaeus, 1758, new generation

Ciril Mlinar Cic

Inštitut Vodni krog, CICFILM PRODUCTION

e-mail: ciril.mlinar@guest.arnes.si

The massive mortality event that afflicted the substantial Noble Pen Shell population across the Mediterranean from 2016 to 2022 is now a thing of the past. A new generation of offspring is here. Can this new generation thrive, or will it merely exist as a relic of the past, disappearing into the obscurity of museum displays? The largest shellfish native to the Mediterranean Sea has faced a dramatic epidemic in recent years that has brought it perilously close to the brink of survival. Initial epidemiological studies pointed to a single-celled parasite as the main culprit in the mass death of the Nobel Pen Shell. However, later studies have shown that certain bacteria are significantly involved in the development of the disease. Based on our current knowledge, it is very likely that the mass mortality is due to the interaction of multiple pathogens that contribute to the disease in multiple ways. During the winter of 2022/23, we undertook a challenging and extensive mission to find surviving specimens of Nobel Pen Shell in the Slovenian part of the northern Adriatic, extending from Sečovelje to Debeli rtič. We recorded our first living specimen after the epidemic in January 2022. Subsequently, we discovered an additional twenty specimens during our thorough seafloor survey between November and February 2023. To facilitate subsequent observation and measurement, we attached floating data tags to several of them, about three-quarters of a meter above the seafloor. This method of tagging proved effective as we were able to successfully locate the seashells despite the presence of brown algae, a spring phenomenon, in certain regions. We observed the marked specimens every fourteen days and measured their growth once a month. After six months of monitoring when the sea temperature reached 25 °C, all specimens were still alive and responded quickly to sudden changes. In the seventh month of our monitoring, when the sea temperature rose above 29 °C, mortality began to affect the new generation of mussels. In the northern area, a whopping five of the six tagged specimens were found with empty shells. In contrast, the effects were somewhat milder in the southern habitat, where only three of the eleven marked specimens succumbing to the conditions. To assess the possible presence of pathogens, we examined the surviving mussels using a non-invasive method and collected water samples from each specimen. Subsequent analyses performed at both the Piran Marine Biological Station and the Faculty of Veterinary Medicine in Ljubljana confirmed the presence of a parasite in only one sample. In the hope that the new generation of the Nobel Pen Shell will gradually regain its strength and develop resistance to the disease, we are committed to monitor the remaining tagged specimens until they reach their average size of half a meter, or as long as they persist. Our ultimate goal is to see this species thrive and repopulate the coastal waters of our sea.

Key words: Noble Pen Shell, population renewal, Adriatic Sea

SEKCIJA POSVEĆENA 30. OBLJETNICI ISTRAŽIVANJA MORSKOG JEZERA ZMAJEVO OKO KOD ROGOZNICE / SECTION DEVOTED TO THE 30TH ANNIVERSARY OF ROGOZNICA LAKE ZMAJEVO OKO (DRAGON'S EYE) RESEARCH

Rogozničko jezero Zmajev Oke – jedinstveni biogeokemijski fenomen Jadranske obale

Irena Ciglencečki-Jušić

Institut Ruđer Bošković, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Zagreb, Hrvatska / Ruđer Bošković

Institute, Division for Marine and Environmental Research, Zagreb, Croatia

e-mail: Irena.Ciglencecki-Jusic@irb.hr

Rogozničko jezero Zmajev Oke (RJ) je jedinstveni, eutrofni i euksinski (anoksična voda sa slobodnim sumporovodikom u vodenom stupcu) morski sustav sa svim karakteristikama jezera, smješten na obali Jadrana kod mjesta Rogoznica (43°32'N, 15°58'E).

RJ, smješteno na poluotoku Gradina, u promjeru oko stotinjak metara i dubine 14 metara, jedinstveno je zbog položaja i blizine mora od kojeg ga dijeli uski kopneni dio i s kojim je povezano kroz pukotine koje jako prigušuju plime i oseke, zbog endemske zooplanktonske vrste kopepoda *Acartia italica*, mikotrofnih flagelata *Hermesinum adriaticum* te osebujnog bentosa sastavljenog od samo nekoliko vrsta algi i životinja. Prvenstveno je posebno po potpunoj odsutnosti kisika, odnosno po anoksičnim uvjetima na dubini (sada) većoj od 6 metara uz prisutnost visokih koncentracija sulfida i amonijaka, što ga čini toksičnim za biljni i životinjski svijet, ali ga i svrstava u rijetke euksiničke sustave.

S vremena na vrijeme dolazi do naglog i potpunog miješanja vodenog stupca kada cijelo jezero postaje anoksično (što je također posebnost RJ, jer inače drugi sustavi s izmješavanjem postaju oksični) što posljedično dovodi do masovnog pomora svih aerobnih organizama. Pri tome dolazi i do promjene boje površine jezera uslijed taloženja koloidnog sumpora ili kako to vole reći lokalni stanovnici: „buđenja zmaja“, što pobuđuje poseban interes znanstvene i akademske zajednice, javnosti, kao i medija. Nakon svakog takvog događaja, a do sada ih je od 1990. g. zabilježeno pet (1997., 2011., 2016., 2021., 2022.), jezero doživljava promjene, novo „buđenje“ i pojavu „novog“ života iz uvjeta bez kisika. Kao takvo izuzetno je interesantno za istraživanje, te se sve češće spominje i kao idealan okoliš za praćenje života u ekstremnim uvjetima.

Lake Rogoznica Zmajev Oke – a unique biogeochemical phenomenon of the Adriatic coast

Lake Rogoznica - Zmajev Oke (RJ) is a unique, eutrophic and euxinic (anoxic water with free hydrogen sulphide in the water column) marine system with all the characteristics of a lake, located on the Adriatic coast near Rogoznica (43°32'N, 15°58'E).

RJ, located on the Gradina peninsula, with a diameter of about hundred meters and a depth of 14 meters, is unique due to its location and proximity to the sea, from which it is separated by a narrow land area and connected to it through a subdued tide, to the endemic zooplankton species of copepod *Acartia italica*, mixotrophic flagellates *Hermesinum adriaticum* and to a very peculiar benthos consisted of only a few algal and animal species. Primarily it is unique due to the complete absence of oxygen, and appearance of anoxic conditions at a depth now greater than 6 meters. Anoxic water is characterized by the presence of high concentrations of sulphide and ammonia, which makes it toxic for plant and animal life, but also classifies it as a rare euxinic system.

From time to time, there is a sudden and complete mixing of the water column when the entire lake becomes anoxic, which is also a special feature of RJ, because otherwise other systems with mixing become oxic. Water column anoxia leads to the mass mortality of all aerobic organisms, and at the same time changes colour of the lake due to the precipitation of colloidal sulphur, or as local residents like to say: "the awakening of the dragon", which arouses the special interest of the scientific and academic community, the public, as well as the media. After each such event, and so far, five have been recorded since 1990 (1997, 2011, 2016, 2021, 2022), the lake experiences changes, a new awakening, and the emergence of new life from oxygen-free conditions. As such, it is extremely interesting for research, and it is increasingly mentioned as an ideal environment for monitoring life in extreme conditions.

Što nam govori 30 godina istraživanja Rogozničkog jezera - Zmajeva Oka?

Irena Ciglencečki¹, Marija Marguš¹, Niki Simonović¹, Iva Dominović¹, Milan Čanković¹, Sarah Mateša¹, Tatjana Bakran-Petricioli², Donat Petricioli³

¹*Institut Ruđer Bošković, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Zagreb, Hrvatska;* ²*Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Biološki odsjek, Zagreb, Hrvatska;* ³*D.I.I.V.d.o.o., za ekologiju mora, voda i podzemlja, Sali, Hrvatska*
e-mail: Irena.Ciglencecki-Jusic@irb.hr

Integracija dugoročnih (od 1990. do danas) podataka o fizičko-kemijskim uvjetima i ekološkom statusu, ukazuje da morski sustav Rogozničkog jezera - Zmajeva Oka (RJ), može poslužiti kao model za praćenje promjena u okolišu, konkretno na Jadranu, uvjetovanih prirodnim i antropogenim pritiscima.

U RJ se bilježi zagrijavanje vodenog stupca s najvišom temperaturom od 34°C izmjerenom ikad ovog srpnja 2023.g. Zatim deoksigenacija uz širenje sloja bez kisika, i pomicanje granice oksija-anoksija u površinski sloj (0-5 m), uz akumulaciju toksičnog sulfida i amonijaka, te organskog ugljika u anoksičnom sloju. Uočeno usporavanje izmjene vode s okolnim morem potvrđuje kako ovaj morski sustav sve više postaje lentičkim – ujezerenim sustavom u kojem sve više dominira utjecaj oslađene vode, što doprinosi jačanju stratifikacije. Velika razlika u gustoći između površinskog i srednjeg sloja dovodi do pojave sve izraženijeg tzv. potpovršinskog temperaturnog maksimuma, u kojem se bilježe i najviše temperature u vodenom stupcu jezera, i koji se obično pojavljuje ispod sloja s visokim zasićenjem kisika, višim od 200%. Ovakvi ekstremni ekološki uvjeti koji vladaju u jezeru snažno utječu na biološke procese i promjenu životnih zajednica, uglavnom u jednom nepovratnom smjeru.

Ključne riječi: Rogozničko jezero, stratifikacija, deoksigenacija, dugoročno istraživanje

What 30 years of research into Rogoznica Lake - Dragon's Eye tell us?

Irena Ciglencečki¹, Marija Marguš¹, Niki Simonović¹, Iva Dominović¹, Milan Čanković¹, Sarah Mateša¹, Tatjana Bakran-Petricioli², Donat Petricioli³

¹*Ruđer Bošković Institute, Division for Marine and Environmental Research, Zagreb, Croatia;* ²*Faculty of Science University of Zagreb, Department of Biology, Zagreb, Croatia;* ³*D.I.I.V. Ltd., for Marine, Freshwater and Subterranean Ecology, Sali, Croatia*
e-mail: Irena.Ciglencecki-Jusic@irb.hr

The integration of long-term (from 1990 to the present) data on physical-chemical conditions and ecological status indicates that the marine system of Lake Rogoznica - Dragon's Eye (RJ) can serve

as a model for monitoring changes in the environment, specifically in the Adriatic coast, conditioned by natural and anthropogenic pressures.

In RJ, the warming of the water column with the highest temperature of 34⁰C ever measured this July 2023 is recorded. Then deoxygenation with the expansion of the oxygen-free layer, and the movement of the oxia-anoxia boundary into the surface layer (0-5 m), with the accumulation of toxic sulphide and ammonia, and organic carbon in the anoxic layer. The observed slowing down of water exchange with the surrounding sea confirms that this marine system is increasingly becoming a lentic - lacustrine system in which the influence of fresh-water dominates more and more, which contributes to the strengthening of stratification. The large difference in density between the surface and middle layer leads to the appearance of an increasingly pronounced so-called the subsurface temperature maximum, in which the highest temperatures in the water column of the lake are also recorded, and which usually occurs below the layer with high oxygen saturation, higher than 200%. Such extreme ecological conditions that prevail in the lake strongly influence biological processes and changes in living communities, mostly in one irreversible direction.

Keywords: Rogoznica lake, stratification, deoxygenation, long-term research

Procjena izvora PM_{2.5} na priobalnom području Rogozničkoga jezera: Kemijski sastav, lokalni i regionalni doprinosi te analiza vertikalnog transporta

Kristijan Vidović^{1,2}, Ivana Cohe³, Ivana Tucakovic³, Sarah Mateša², Marija Marguš², Samo Hočevlar¹, Irena Ciglencčki²

¹National Institute of Chemistry, Department of Analytical Chemistry, Hajdrihova 19, 1000, Ljubljana, Slovenia; ²Ruđer Bošković Institute, Division for Marine and Environmental Research, Laboratory for physical chemistry of aquatic systems, Bijenička Cesta 54, 10000, Zagreb, Croatia;

³Ruđer Bošković Institute, Division for Marine and Environmental Research, Laboratory for Radioecology, Bijenička cesta 54, 10000, Zagreb, Croatia
e-mail: kristijan.vidovic@ki.si

Zrakom prenosive čestice, posebno fine čestice aerosola, značajno utječu na vidljivost, klimu i ljudsko zdravlje (Ito et al., 2006). Fine čestice imaju sposobnost prodiranja u dišne puteve i pluća čovjeka, predstavljajući ozbiljne zdravstvene rizike. Brojne epidemiološke studije dosljedno su pokazale povezanost između povišene koncentracije čestica i povećane stope smrtnosti i morbiditeta. Aerosoli utječu na vidljivost atmosfere i klimu putem raspršivanja i apsorpcije solarne radijacije. Čestice tvari (PM) su kemijski i fizički raznolike i mogu potjecati iz različitih izvora emisija, kako prirodnih tako i antropogenih (Russel i Allen, 2004). Fine čestice uglavnom sadrže razne anorganske spojeve poput nitrata, sulfata i raznih organskih vrsta (Heo et al., 2009).

Glavni ciljevi ovog istraživanja su analiza kemijskog sastava PM_{2.5} prikupljenog na priobalnom području u Rogoznici, kvantifikacija doprinosa različitih izvora PM_{2.5} na lokalnoj razini, identifikacija lokalnih i regionalnih izvora, istraživanje prostornih i sezonskih varijacija doprinosa izvorima, te korištenje mjerenja radioaktivnog nukleotida Be-7 za vertikalno određivanje izvora i poboljšano razumijevanje transporta iz gornje troposfere.

Ključne riječi: Procjena doprinosa izvora, PM_{2.5}, priobalno područje, Rogozničko jezero, analiza vertikalnog transporta

Source Apportionment of PM_{2.5} at the Coastal Area of Rogoznica Lake: Chemical Composition, Local and Regional Contributions, and Vertical Transport Analysis

Kristijan Vidović^{1,2}, Ivana Cohe³, Ivana Tucakovic³, Sarah Mateša², Marija Marguš², Samo Hočevlar¹, Irena Ciglencčki²

¹National Institute of Chemistry, Department of Analytical Chemistry, Hajdrihova 19, 1000, Ljubljana, Slovenia; ²Ruđer Bošković Institute, Division for Marine and Environmental Research, Laboratory for physical chemistry of aquatic systems, Bijenička Cesta 54, 10000, Zagreb, Croatia;

³Ruđer Bošković Institute, Division for Marine and Environmental Research, Laboratory for Radioecology, Bijenička cesta 54, 10000, Zagreb, Croatia
e-mail: kristijan.vidovic@ki.si

Airborne particulate matter, especially fine particles, significantly impact visibility, climate, and human health (Ito et al., 2006). Fine particles have the ability to penetrate the human respiratory tract and lungs, posing serious health risks. Numerous epidemiological studies have consistently demonstrated a correlation between elevated particle concentrations and increased mortality and morbidity rates. Aerosols affect atmospheric visibility and climate by scattering and absorbing solar radiation. Particulate matter (PM) is chemically and physically diverse and can originate from various emission sources, both natural and anthropogenic (Russell and Allen, 2004). Fine particles predominantly comprise various inorganic compounds such as nitrates, sulfates, and various organic species (Heo et al., 2009).

The main objectives of this study are to analyze the chemical composition of PM_{2.5} collected at the coastal area in Rogoznica, quantify the contribution of different sources to PM_{2.5} at the local level, identify local and regional source locations, investigate spatial and seasonal variations in source contributions, and utilize measurements of the radioactive nucleotide Be-7 for vertical source apportionment and improved understanding of transport from the upper troposphere.

Keywords: Source apportionment, PM_{2.5}, coastal area, Rogoznica Lake, vertical transport analysis

Morsko jezero Zmajev Oke (Rogoznica): povezanost fizičko-kemijskih parametara i pojave anoksične holomiksije

Iva Dominović¹, Mathieu Dutour-Sikirić¹, Marija Marguš¹, Tatjana Bakran-Petricioli², Donat Petricioli³, Sunčana Geček¹, Irena Ciglencečki¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Bijenička cesta 54, 10000 Zagreb, Hrvatska;* ²*Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Rooseveltov trg 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska;*

³*D.I.I.V., d.o.o., Sali IV 2, 23281 Sali, Hrvatska*

e-mail: idominov@irb.hr

Morsko jezero Zmajev Oke kraj Rogoznice specifičan je euksinski sustav na jadranskoj i mediteranskoj obali. Svakih se nekoliko godina jezero, koje je inače raslojeno u gornji oksidni i donji anoksični sloj, potpuno izmiješa po vertikalnoj osi (holomiksija). Ubrzo nakon takvih miješanja voda u jezeru postane izrazito zamućena, sivkasto-zelene boje, te zaudara po trulim jajima. Velika većina aerobnih organizama ugine, tj. jezero postane holomiktično i anoksično. Zabrinjavajuće jest da se od početka intenzivnog istraživanja jezera 1992. godine izmješavanja s pojavom anoksije u cijelom vodenom stupcu jezera događaju sve češće. Sve kraće razdoblje između dva takva izmješavanja ne ostavlja dovoljno vremena za oporavak ekosustava te on polagano odumire, a stanište aerobnih organizama se smanjuje. U razdoblju od 1992. godine do danas zabilježeno je gotovo dvostruko povećanje volumena anoksične vode u jezeru. Stablnost raslojenosti vodenog stupca povezuje se s okolišnim atmosferskim čimbenicima koji stvaraju preduvjete za potpuno izmješavanje.

Kako bi istražili kratkoročne i dugoročne preduvjete naglih pojava potpune anoksije u jezeru, proučavana je dinamika raslojavanja u jezeru tijekom zadnjih 26 godina te njena povezanost s oborinom na širem području Rogoznice. Također je razmatrana podzemna veza okolnog mora i jezera te plima i oseka u njemu. Rezultati istraživanja pomoći će kako u planovima očuvanja ovog, tako i drugih sličnih morskih sustava.

Ključne riječi: Rogozničko jezero, holomiksija, anoksija, raslojavanje, masovni pomori organizama

Marine lake Zmajev Oke (Rogoznica): physical and chemical parameters' connection to the anoxic holomixis occurrence

Iva Dominović¹, Mathieu Dutour-Sikirić¹, Marija Marguš¹, Tatjana Bakran-Petricioli², Donat Petricioli³, Sunčana Geček¹, Irena Ciglencečki¹

¹*Ruđer Bošković Institute, Bijenička cesta 54, 10000 Zagreb, Croatia;* ²*University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Biology, Rooseveltov trg 6, 10 000 Zagreb, Croatia;* ³*D.I.I.V.*

Ltd., Sali IV 2, 23281 Sali, Croatia

e-mail: idominov@irb.hr

Marine Lake Zmajev Oka (Rogoznica) is a specific euxine system on the Adriatic and Mediterranean coasts. Every few years, the lake, which is normally stratified into an upper oxic and lower anoxic layer, is completely mixed along the vertical axis (holomixis). Shortly after such mixing, the water in the lake becomes extremely turbid, greyish-green in colour, and smells like rotten eggs. The vast majority of aerobic organisms die, i.e., the lake becomes holomictic and anoxic. It is worrying that since the beginning of intensive research on the lake in 1992, mixing with the appearance of anoxia in the entire water column of the lake is happening more and more often. The increasingly short period between two such mixings does not leave enough time for the ecosystem to recover, and it slowly dies, while the habitat of aerobic organisms decreases. In the period from 1992 to the present, an almost two-fold increase in the volume of anoxic water in the lake was recorded. The stability of the stratification of the water column is associated with environmental atmospheric factors that create prerequisites for complete mixing.

In order to investigate the short-term and long-term prerequisites for sudden occurrences of complete anoxia in the lake, the stratification dynamics in the lake during the last 26 years and its connection with precipitation were studied. The underground connection of the surrounding sea and lake and the tides in it were also considered. The results of the research will help in conservation plans for this and other similar marine systems.

Keywords: Lake Rogoznica, holomixia, anoxia, stratification, mass extinction of organisms

Utjecaj okolišnih promjena na dinamiku i svojstva organske tvari u promjenjivom morskom okolišu Rogozničkog jezera

Niki Simonović, Iva Dominović, Marija Marguš, Irena Ciglonečki
Institut Ruđer Bošković, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Bijenička cesta 54, 10000 Zagreb,
Republika Hrvatska
e-mail: nsimonov@irb.hr

Rogozničko jezero (RJ) jedinstveni je stratificirani euksinski morski okoliš na obali Jadrana zahvaćen okolišnim promjenama. Organska tvar (OT) u vodenom stupcu RL je kompleksna smjesa organskih spojeva s različitim površinsko aktivnim svojstvima koja se mijenjaju ovisno o okolišnim uvjetima. Promjene osnovnih fizičko-kemijskih parametara očituju se u zagrijavanju i deoksigenaciji vodnog stupca, uz akumulaciju reduciranih specija (sulfid, amonijak) kao i učestaliju pojavu holomiksije. Analiza rezultata dugoročnog istraživanja RJ ukazuje na akumulaciju organskog ugljika, i to partikularne (eng. POC, *particulate organic carbon*) i otopljene frakcije (eng. DOC, *dissolved organic carbon*) u vodenom stupcu odnosno u anoksičnom hipolimnionu. Potvrđene su kvantitativne i kvalitativne promjene OT s obzirom na sadržaj i tip površinski aktivnih tvari (PAT) kao najreaktivnije frakcije DOC-a. Normalizirana površinska aktivnost (NPA=PAT/DOC) važan je pokazatelj kvalitativnih promjena DOC-a na prostornoj i vremenskoj skali, koja omogućuje brzu i grubu procjenu svojstava OT.

Ovaj rad usredotočen je na dugoročnu (1996.-2022.) dinamiku OT (DOC, PAT, NPA, POC) u RJ i promjenu njenih svojstava kao pokazatelja izražene eutrofikacije ubrzane promjenom okolišnih uvjeta (salinitet, temperatura, akumulacija sulfida).

Okolišne promjene pod utjecajem klimatske varijabilnosti imaju veći utjecaj na mala vodena tijela poput jezera. Naši rezultati sugeriraju promjenu tipa OT prema hidrofobnijem i reaktivnijem organskom materijalu. Ovaj rad doprinosi boljem poimanju dinamike organskog ugljika u promjenjivom morskom okolišu.

Ključne riječi: okolišne promjene, Rogozničko jezero, DOC, PAT, NPA

The influence of environmental changes on the dynamics and properties of organic matter in the changing marine environment of Rogoznica Lake

Niki Simonović, Iva Dominović, Marija Marguš, Irena Ciglonečki
Ruđer Bošković Institute, Division for Marine and Environmental Research, Bijenička cesta 54,
10000 Zagreb, Croatia
e-mail: nsimonov@irb.hr

Rogoznica Lake (RL) is a unique stratified euxinic marine environment on the Adriatic coast affected by environmental changes. Organic matter (OM) in the RL water column is a complex mixture of organic compounds with different surface-active properties that change depending on environmental conditions. Changes of the basic physico-chemical parameters are reflected in the warming and deoxygenation of the water column, with the accumulation of reduced species (sulphide, ammonia) as well as the more frequent occurrence of holomixia.

The long-term research of RL water column points to the accumulation of particulate (POC) and dissolved organic carbon (DOC) in the anoxic hypolimnion. The change in quantitative and qualitative properties of OM was confirmed by measuring surface active substances (SAS) as the most reactive fraction of DOC. Normalized surfactant activity ($NSA = SAS/DOC$) is an important indicator of qualitative changes of DOC on spatial and temporal scales, which enables a rapid and rough assessment of OM properties

This work is focused on the long-term (1996-2022) dynamics of organic matter (DOC, PAT, NPA, POC) in RL and the change in its properties as an indicator of pronounced eutrophication accelerated by changing environmental conditions (salinity, temperature, sulphide accumulation). Environmental changes triggered by climate variability have greater impacts on small water bodies such as lakes. Our results suggest a shift in OM type toward more hydrophobic and reactive organic material. This study contributes to a better understanding of the dynamics of OM in a changing marine environment.

Keywords: environmental changes, Rogoznica Lake, DOC, PAT, NPA

Jedinstveni uvjeti okoline koji potiču stvaranje novih čestica na jezeru Zmajevu Oko (Rogoznica) u Hrvatskoj

Kristijan Vidovic^{1,2}, Irena Grgić¹, Iva Dominović², Boris Mifka⁵, Samo Hočevar¹, Asta Gregorič^{3,4}, Balint Alföldy³, Irena Ciglencečki²

¹National Institute of Chemistry, Department of Analytical Chemistry, Hajdrihova 19, 1000, Ljubljana, Slovenia; ²Ruđer Bošković Institute, Division for Marine and Environmental Research, Laboratory for physical chemistry of aquatic systems, Bijenička Cesta 54, 10000, Zagreb, Croatia; ³Aerosol d.o.o., Kamniška ulica 39a, 1000, Ljubljana, Slovenia; ⁴University of Nova Gorica, Center for Atmospheric Research, Glavni trg 8, 5271, Vipava, Slovenia; ⁵Faculty of Physics University of Rijeka, Radmile Matejčić 2, 51000 Rijeka, Croatia
e-mail: kristijan.vidovic@ki.si

Nastanak novih atmosferskih čestica (NPF) igra ključnu ulogu u globalnom broju atmosferskih čestica. Ove čestice mogu rasti u veličini i djelovati kao jezgra kondenzacije oblaka (CCN), utječući na klimu (Kulmala et al., 2004). Klimatski značaj novostvorenih čestica ovisi o brzinama njihovog rasta i uklanjanja, posebno za čestice manje od 20 nm koje su podložne uklanjanju od strane većih čestica putem koagulacije. NPF događaji promatrani su u različitim okruženjima diljem svijeta, uključujući urbana, ruralna, udaljena, priobalna, arktička i antarktička područja (Kerminen et al., 2018).

NPF događaji u morskom i priobalnom okolišu posebno su intrigantni zbog njihove uloge u regulaciji globalne populacije aerosola putem procesa pretvorbe plinova u čestice. Međutim, razumijevanje ovog fenomena još uvijek je ograničeno (O'Down et al., 2002). Ovo istraživanje ima za cilj karakterizirati i klasificirati NPF događaje na području jezera Zmajevu Oko u Rogoznici, Hrvatska, koristeći kombinaciju online (SMPS i Aethalometer) i offline (Berner impaktor i PM_{2.5} uzorkivač) instrumenata. Rezultati otkrivaju visoku učestalost NPF događaja (92%) i identificiraju različite vrste događaja, uključujući regionalne, lokalne, repne događaje i događaje povezane s onečišćenjem. Relativno niska koncentracija broja čestica (<2000 #/cm³) sugerira da je koagulacija zanemariva. Izračunata ukupna brzina rasta od 99% prije svega odražava brzinu rasta kondenzacije, ukazujući na važnost kondenzacije u pogonu rasta čestica. Međutim, treba napomenuti da površinsko aktivne tvari (PAT) također mogu doprinijeti rastu čestica. Osim toga, rezultati ukazuju da su PAT-ovi uključeni u proces smanjenja čestica. Nadalje, sveobuhvatna kemijska analiza provedena između dana s NPF događajima i dana bez njih otkrila je da brom može imati važnu ulogu u procesima NPF.

Ključne riječi: NPF, CCN, rast atmosferskih čestica, online i offline uzorkovanje, atmosferske lebdeće čestice

Unique Environmental Conditions Enhancing New Particle Formation at Dragon Eye (Rogoznica) Marine Lake in Croatia

Kristijan Vidovic^{1,2}, Irena Grgić¹, Iva Dominović², Boris Mifka⁵, Samo Hočevar¹, Asta Gregorič^{3,4}, Balint Alföldy³, Irena Ciglencčki²

¹National Institute of Chemistry, Department of Analytical Chemistry, Hajdrihova 19, 1000, Ljubljana, Slovenia; ²Ruđer Bošković Institute, Division for Marine and Environmental Research, Laboratory for physical chemistry of aquatic systems, Bijenička Cesta 54, 10000, Zagreb, Croatia; ³Aerosol d.o.o., Kamniška ulica 39a, 1000, Ljubljana, Slovenia; ⁴University of Nova Gorica, Center for Atmospheric Research, Glavni trg 8, 5271, Vipava, Slovenia; ⁵Faculty of Physics University of Rijeka, Radmile Matejčić 2, 51000 Rijeka, Croatia
e-mail: kristijan.vidovic@ki.si

Atmospheric new particle formation (NPF) plays a crucial role in the global abundance of atmospheric particles. These particles can grow in size and act as cloud condensation nuclei (CCN), influencing climate (Kulmala et al., 2004). The climatic implications of newly-formed particles depend on their growth and removal rates, especially for particles smaller than 20 nm, which are susceptible to scavenging by larger particles through coagulation. NPF events have been observed in various environments worldwide, including urban, rural, remote, coastal, arctic, and Antarctic regions (Kerminen et al., 2018).

Marine and coastal NPF events are particularly intriguing due to their role in regulating the global aerosol population through gas-to-particle conversion processes. However, the understanding of this phenomenon remains limited (O'Down et al., 2002). This study aims to characterize and classify NPF events in the Dragon Eye Lake area in Rogoznica, Croatia, utilizing a combination of online (SMPS and Aethalometer) and offline (Berner impactor and PM_{2.5} sampler) instruments. The results reveal a high frequency of NPF occurrences (92%) and identify different event types, including regional, local, tail events, and pollution-related NPF events. The relatively low particle number concentration (<2000 #/cm³) suggests that coagulation is insignificant. The calculated overall growth rate of 99% primarily reflects the condensation growth rate, indicating the importance of condensation in driving particle growth. However, it should be acknowledged that surface-active substances (SAS) may also contribute to particle growth. Moreover, the results suggest that SAS compounds are involved in the shrinkage process. Furthermore, the comprehensive chemical analyses conducted between the days with NPF events and non-event days have revealed the significant role of bromine in the process of NPF.

Keywords: NPF, CCN, Particle growth, online and offline sampling, atmospheric aerosol

Klimatologija taloženja pustinjske prašine u Jadran; biološki odziv u Rogozničkom jezeru (Zmajev Oko)

Boris Mifka¹, Maja Telišman Prtenjak², Josipa Kuzmić³, Milan Čanković⁴, Sarah Mateša⁴, Irena Ciglencić⁴

¹Fakultet za fiziku, Sveučilište u Rijeci; ²Geofizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu; ³Državni hidrometeorološki zavod; ⁴Institut Ruđer Bošković, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Laboratorij za fiziku i kemiju vodenih sustava
e-mail: boris.mifka@phy.uniri.hr

Atmosfersko taloženje mineralne prašine igra važnu ulogu u opskrbi morskih ekosustava hranjivim tvarima. U ovoj studiji po prvi put je utvrđena klimatologija taloženja prašine u području Jadranskog mora na temelju MERRA-2 reanalize od 1989. do 2019. Godišnji hod taloženja pokazuje dva maksimuma: jači u ožujku-travnju i slabiji u studenom. Mokro taloženje je dominantan proces s relativnim doprinosom ukupnom taloženju od 67.35% do 88.53%. Prosječni doprinos događaja taloženja prašine (DDE) je 16.5% (60,2 dy god⁻¹). Empirijske ortogonalne funkcije (EOF) korištene su za istraživanje glavnih sinoptičkih mehanizama u vezi s emisijama prašine, transportom i taloženjem prašine u Jadranskom moru. Ovaj pristup otkriva dva glavna sinoptička obrasca odgovorna za maksimume taloženja prašine u proljeće i jesen. Učinak taloženja prašine na primarnu proizvodnju opažen je radi visoke razine zasićenosti kisikom do 250% u stratificiranom srednjem sloju vode (5 – 8 m) morskog sustava srednjeg Jadrana (Rogozničkog jezera) tijekom epizode intenzivnog mokrog taloženja. Takve ekstremne vrijednosti zasićenosti kisikom mogu se uzeti kao pokazatelj biološke aktivnosti povezane s povećanjem brojnosti i aktivnosti fitoplanktona, posebice dijatomeja.

Autori se zahvaljuju na financijskoj potpori HRZZ projektu IP-2018-01-1717- MARRES, Sveučilištu u Rijeci (projekt uniri-prirod-18-232) i Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

Ključne riječi: Saharska prašina, taloženje prašine, EOF, Rogozničko jezero, primarna proizvodnja

Climatology of desert dust deposition in the Adriatic; biological response in Rogoznica lake (Dragon Eye)

Boris Mifka¹, Maja Telišman Prtenjak², Josipa Kuzmić³, Milan Čanković⁴, Sarah Mateša⁴, Irena Ciglencić⁴

¹Faculty of Physics, University of Rijeka; ²Department of Geophysics, Faculty of Science, University of Zagreb; ³Croatian Meteorological and Hydrological Service; ⁴Laboratory for Physical Oceanography and Chemistry of Aquatic Systems, Division for Marine and Environmental Research, Ruđer Bošković Institute
e-mail: boris.mifka@phy.uniri.hr

Atmospheric mineral dust deposition plays an important role in providing nutrients to marine ecosystems. In this study, the climatology of dust deposition in the Adriatic Sea area was determined for the first time based on MERRA-2 reanalysis from 1989 to 2019. The annual cycle of deposition exhibits two maxima: a stronger in March-April and weaker in November. Wet deposition is a dominant process with a relative contribution to overall deposition from 67.35% to 88.53%. The average contribution of dust deposition events (DDEs) is 16.5% (60.2 dy yr^{-1}). The Empirical Orthogonal Functions (EOF) were used to investigate the main synoptic mechanisms in relation to the dust emissions, transport and dust deposition in the Adriatic Sea. This approach reveals two major synoptic patterns responsible for dust deposition maxima in spring and autumn. Dust deposition effect on primary production is observed by a high level of oxygen saturation up to 250% in the stratified middle water layer (5 – 8 m) of the central Adriatic marine system (Rogoznica Lake) during intense wet deposition episode. Such extreme values of oxygen saturation can be taken as an indication of biological activity related to increase in phytoplankton abundance and activity, diatoms in particular.

The authors acknowledge the financial support from the project of Croatian Science Foundation IP-2018-01-1717- MARRES, the University of Rijeka (project uniri-prirod-18-232), and Faculty of Science, University of Zagreb.

Key words: Saharan dust, dust deposition, EOF, Rogoznica lake, primary production

Dinamika fitoplanktonskih pigmenta u vodenom stupcu morskog Rogozničkog jezera- Zmajeva Oka (Hrvatska)

Marija Marguš¹, Marijan Ahel¹, Milan Čanković¹, Zrinka Ljubešić², Senka Terzić¹, Vedranka Hodak Kobasić¹, Irena Ciglencić¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Bijenička cesta 54, 10000 Zagreb, Hrvatska;* ²*Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska*
e-mail: mmargus@irb.hr

Zatvoreni morski sustavi već su pod utjecajem utjecaja klimatske varijabilnosti, a očekuje se da će biti pogođeni još brže i ozbiljnije kako klimatske promjene napreduju. Jezero Zmajeva Oka jedan je od primjera gdje se te promjene već očituju u zagrijavanju vodenog stupca, pojačanoj deoksigenaciji i promjenama slojevitosti.

Dinamika biomase snažno ovisi o sezonskoj varijabilnosti vertikalne stratifikacije, što ukazuje na brzu prilagodbu zajednice fitoplanktona na kratkoročne promjene u vodenom stupcu. Kako bi se istražio odgovor fitoplanktona na poremećaje okoliša, analizirani su pigmenti nakon anoksičnog stresa izazvanog holo miješanjem i pod stratificiranim uvjetima. Oksični epilimnion podložan je značajnim vremenskim i vertikalnim fluktuacijama s postojanim maksimumom klorofila *a* ispod površine vode. U stratificiranim uvjetima u epilimnionu, sukcesija fitoplanktona se pomiče od dominacije biomase koja sadrži fukoksantin (uglavnom dijatomeja) u hladnijim godišnjim dobima do dominacije manjih skupina u toplijim godišnjim dobima. Rezultati za euksinski hipolimnion pokazali su visoke koncentracije aloksantina, zeaksantina i violaksantina, što ukazuje na prisutnost održive miksotrofne zajednice malih razmjera u ekstremnim uvjetima. Nakon holomiktičkog događaja prve su se oporavile mikrop planktonske vrste, a stožerne dijatomeje pridonijele su oksigenaciji vodenog stupca u Zmajevom oku.

Ključne riječi: fitoplankton, pigmenti, Zmajeva Oka, anoksija, holomiksija, klorofil *a*

Phytoplankton pigment dynamics in the water column of marine Rogoznica lake- Zmajeva Oka (Croatia)

Marija Marguš¹, Marijan Ahel¹, Milan Čanković¹, Zrinka Ljubešić², Senka Terzić¹, Vedranka Hodak Kobasić¹, Irena Ciglencić¹

¹*Institut Ruđer Bošković, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Bijenička cesta 54, 10000 Zagreb, Croatia;* ²*University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Biology, Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Croatia*
e-mail: mmargus@irb.hr

Enclosed marine systems are already affected by the impacts of climate variability, and are expected to be affected even more rapidly and severely as climate change progresses. Lake Zmajev Oke is one of the examples where these changes are already manifested in warming of the water column, increased deoxygenation, and changes in stratification patterns.

The dynamics of biomass is strongly dependent on seasonal variability in vertical stratification, indicating a rapid adaptation of the phytoplankton community to short-term changes in the water column. To investigate phytoplankton responses to environmental perturbations, pigments were analysed after holomixing-induced anoxic stress and under stratified conditions. The oxic epilimnion is subject to significant temporal and vertical fluctuations with a persistent chlorophyll *a* maximum below the water surface. Under stratified conditions in the epilimnion, phytoplankton succession shifts from dominance of fucoxanthin-containing biomass (mainly diatoms) in the colder seasons to dominance of smaller groups in the warmer seasons. Results for the euxinian hypolimnion showed high concentrations of alloxanthin, zeaxanthin, and violaxanthin, indicating the presence of a viable, small-scale mixotrophic community under extreme conditions. After the holomictic event, microplankton species were the first to recover, with pivotal diatoms contributing to the oxygenation of the water column in the Zmajev Oke.

Key words: phytoplankton, pigments, Zmajev Oke, anoxia, holomixis, chlorophyll *a*

Sukcesija u bentosuorskog jezera ZmajevOko – prirodan proces u Jezeru ili ubrzani put prema izumiranju?

Donat Petricioli¹, Tatjana Bakran-Petricioli², Iva Dominović³, Irena Ciglencečki³

¹D.I.I.V. za ekologiju mora, voda i podzemlja, Sali; ²Biološki odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb; ³Institut Ruđer Bošković, Zagreb
e-mail: donatpetricioli@gmail.com

Morsko jezero ZmajevOko kraj Rogoznice (Hrvatska, srednja Dalmacija) je maleno: 150 m dugo, 80 m široko, 14 m duboko. Okruženo je vapnenačkim strmcima visokim do 23 m. Jezero je povezano s okolnim morem kroz pukotine u stijenama. Morske mijene u Jezeru su prigušene i kasne u odnosu na mijene u okolnom moru. Izmjena vode je oko 2% volumena Jezera po plimnom ciklusu. Jezero je prirodno eutrofno, podijeljeno u dva sloja (gornji superoksični, s bogatim planktonskim populacijama s malim brojem vrsta i donji anoksični sloj, između kojih se nalazi oštra kemoklina s gustom populacijom ljubičastih bakterija). Makrobentos Zmajevog Oka istražujemo tijekom zadnjih trideset godina (od ljeta 1992. do ljeta 2023.). U usporedbi s okolnim morem bentos u Jezeru karakterizira izrazito manji broj vrsta s puno brojnijim populacijama. Povremena izmješavanja u vodenom stupcu Jezera, 6 od devedesetih: 1997., 2006., 2011., 2016., 2020., 2021., rezultiraju masovnim pomorima gotovo svih bentoskih organizama. Kontinuirana izmjena vode Jezera i mora tijekom morskih mijena omogućava nekim jedinkama bentoskih organizama preživljavanje u špiljama oko Jezera kroz koje se izmjena odvija. Sastav vrsta kroz vrijeme pokazuje da je ulaz novih ličinki organizama tijekom izmjene vode izrazito rijedak. Ipak, bentos se polako obnavlja nakon takvih holomiktičnih epizoda, iako nikad do bioraznolikosti koju smo inicijalno zabilježili devedesetih. Skraćivanje perioda između izmješavanja tijekom zadnjih trideset godina značajno utječe na oporavak bentosa u Jezeru tako da čak i uobičajeno prisutne vrste nestaju ili su već nestale. Prekratko vrijeme između holomiktičnih događaja ugrožava oporavak bentosa u Jezeru do te mjere da ga možda sasvim spriječi.

Dio ovog rada financirala je Hrvatska zaklada za znanost kroz projekt IP-2018-01-1717 MARRES, kao i Javna ustanova Priroda za zaštićena područja Šibensko-kninske županije.

Ključne riječi: masovni pomori bentosa, eutrofno morsko jezero, holomiksija, Rogoznica

Benthic succession in marine lake ZmajevOko – natural process in the Lake or acceleration to extinction?

Donat Petricioli¹, Tatjana Bakran-Petricioli², Iva Dominović³, Irena Ciglencečki³

¹D.I.I.V. for marine, freshwater and subterranean ecology, Sali, Croatia; ²Department of Biology, Faculty of Science, University of Zagreb, Zagreb, Croatia; ³Ruđer Bošković Institute, Zagreb, Croatia
e-mail: donatpetricioli@gmail.com

Lake Zmajev Oka is small marine lake (150 m long, 80 m wide, 14 m deep) near Rogoznica (Croatia, Central Dalmatia), surrounded by limestone cliffs (up to 23 m high). Lake is connected to the surrounding sea through cracks in limestone, Lake's tides are dumped and delayed to tides in the sea. Water exchange is about 2% of the Lake's volume per tide cycle. The Lake is highly eutrophicated by natural causes and it is divided in two layers (upper superoxic, with rich planktonic populations composed of a few species and lower anoxic layer, divided by sharp chemocline with dense purple bacteria population). Macrobenthos of the Lake was researched during period of thirty years (from summer 1992 to summer 2023). In comparison to the surrounding sea the benthos in the Lake was characterized by fewer species in much denser populations. Occasional mixing episodes in the Lake water column, 6 since the nineties: 1997, 2006, 2011, 2016, 2020, 2021, resulted in mass mortality of almost all benthic organisms. Continuous water exchange between the Lake and the sea during tides, enables some specimens of benthic organisms in the caves around the Lake through which the water flow to survive such events. Composition of species through time shows that new entering of organisms' larvae in tidal flow in the Lake are extremely rare. Nevertheless, the benthos slowly recovered after such holomictic episodes, although never to initial biodiversity that we recorded in the nineties. Shortening of the period between those events during thirty years severely impacted benthic recovery and even the usually present species are disappearing or already disappeared. Too short time between holomictic events threaten to completely prevent the recovery of the benthos in the Lake.

Part of this work was supported by the Croatian Science Foundation through the project IP-2018-01-1717 MARRES and also by the Public Institution NATURE of the Šibenik-Knin County.

Key words: benthic mass mortality, eutrophic marine lake, holomictic events, Rogoznica

Suradnja umjetnosti i znanosti na stvaranju boljeg svijeta

Jasna Lovrinčević
Koblenz, Njemačka
e-mail: jasna@tiha.de

Devet muza u djelima pisaca grčke mitologije prikazane su kao božice slobodnih vještina kao što su lirska, epska i ljubavna poezija, tragedija, komedija, glazba, ples, povijest, proučavanje zvijezda i druge. Muze jednako nadahnjuju i umjetnike i mislioce. One se međusobno ophode slatkim glasovima a pjesnik Heziod s početka sedmog stoljeća pr. Krista u svojoj Teogoniji dao im je imena od kojih je deveta Uranija, zaštitnica astronomije, jedne od najstarijih znanosti na što ukazuju podaci iz stare Babilonije, Kine i Egipta. Uranija uzdiže u nebo one koje je poučila, potvrđujući da mašta i snaga misli uzdižu ljudski duh do nebeskih visina, kako je napisao grčki povjesničar Diodorus Siculus iz prvog stoljeća pr. Kr. Povezanost znanosti i umjetnosti kroz kreativno nadahnuće prepoznali su i vodeći znanstvenici poslije Drugog svjetskog rata koji su 1960. godine osnovali Svjetsku akademiju znanosti i umjetnosti, kao transnacionalnu instituciju s ciljem gradnje „utvrde znanja“ kako je navedeno u osnivačkom Manifestu tako da „sva dostignuća ljudskog duha vode olakšanju tereta života i obogate ga“ kroz „traženje rješenja koja vode nadi, sreći i miru cijelog čovječanstva“. Mašta i kreativna misao kroz povijest stvorile su velika djela u umjetnosti i znanosti koja su mijenjala čovječanstvo, a sada zahvaljujući ovoj Akademiji umjetnici u sinergiji sa znanstvenicima, snagom imaginacije su u mogućnosti kroz podršku i priznanje doprinijeti naporima znanstvenika u stvaranju boljeg svijeta.

Ključne riječi: znanost, umjetnost, akademija, čovječanstvo, nadahnuće

Collaboration of art and science to create a better world

Jasna Lovrinčević
Koblenz, Njemačka
e-mail: jasna@tiha.de

The nine Muses in the works of the writers of Greek mythology are depicted as goddesses of liberal arts such as lyric, epic and love poetry, tragedy, comedy, music, dance, history, star study and others. Muses inspire artists and thinkers alike. They communicate with each other by sweet voices, and the poet Hesiod from the beginning of the seventh century B.C. in his Theogony gave them names. The ninth of them is Urania, the patroness of astronomy, one of the oldest sciences, as indicated by data from ancient Babylonia, China and Egypt. Urania raises to heaven those who has been taught by her, confirming that imagination and the power of thought elevate the human

spirit to heavenly heights, as the Greek historian Diodorus Siculus wrote in the 1st B.C. The connection between science and art through creative inspiration was also recognized by leading scientists after the Second World War who founded the World Academy of Sciences and Arts in 1960 as a transnational institution with the aim of building a "tower of knowledge" as is written in its Manifesto, so that "all the achievements of the human spirit lead to the lightening of the burden of life and enrich it" through "searching for solutions that lead to hope, happiness and peace for the whole of humanity". Imagination and creative thought throughout history have created great works in art and science that have changed humanity, and now, thanks to this Academy, artists in synergy with scientists, with the power of imagination, are able to contribute through support and recognition to the efforts of scientists in creating a better world.

Key words: science, art, academia, humanity, inspiration

„Impact Factor“ agenda

Znanstvenici-glazbenici sastava „Impact Factor“ IRB
Institut Ruđer Bošković, Bijenička cesta 54, 10000 Zagreb, Hrvatska
e-mail: sjurcic@irb.hr

Možda je ova situacija, kad strah zamijeni bahatost, upravo savršen trenutak da se utječe na ljudsku svijest. No žalosno je da smo došli do te točke u razvoju ljudske civilizacije. U trenutku kad je glazba (da li slučajno?) prognana na margine bitnosti, možda je upravo u njoj (u kombinaciji sa slikama i snimkama ljepote prirode i prikaza gadosti koje joj činimo) ključ koji će otključati ljudska srca i promijeniti ih na bolje. Tu nužnost promjene svijesti zagovaraju danas i naš premijer i papa Franjo. A papa Putnik je rekao: „Ekološka kriza je kriza morala i zbiljski prezir spram čovjeka.“. I to je, zajedno s porukama legendarnog pisma poglavice Seattle-a, bila misao vodilja diplomskog rada osnivača benda „*Impact Factor*“ koji okuplja znanstvenike-glazbenike s Instituta Ruđer Bošković. Samo svirati i pjevati nije dovoljno. Nužno je pomaknuti ljude i kroz emociju ih dovesti do promjene svijesti. U kojem aspektu? S kojom temom? Pod kojim motom i nazivom? I koliki se faktor utjecaja može time doseći? Odgovore na ta pitanja ćemo zajednički doseći, a tema glazbenih djela koju smo odlučili ovdje predstaviti je ekološka - odnos čovjeka spram prirode, zemlje, šuma, voda - nekog pradavnog okruženja kojemu se u nekoj mjeri valja vratiti. Smatramo da za nas, znanstvenike duhovno i intelektualno posvećene zaštiti okoliša, nema bolje teme od te – za početak našeg glazbenog djelovanja. To naše djelovanje, prekinuto epidemijom koja je ostavila svoje posljedice i pomaknula naš fokus s ljudske okoline na ljudsku nutritinu, najvjerojatnije će se nastaviti temom – „Antidepresiv“.

Ključne riječi: sinergija znanosti i glazbe, emocije, zaštita okoliša, glazbeni sastav „Impact factor“

„Impact Factor“ agenda

Scientists-musicians of the band „Impact Factor“ IRB
Ruđer Bošković Institute, Bijenička cesta 54, 10000 Zagreb, Croatia
e-mail: sjurcic@irb.hr

Perhaps this situation, when fear replaces arrogance, is the perfect moment to influence human consciousness. But it is unfortunate that we have reached this point in the development of human civilization. At a time when music is (accidentally?) banished to the margins of importance, perhaps it is precisely in it (combined with pictures and recordings of the beauty of nature and the depiction of the ugliness we do to it) that will unlock people's hearts and change them for the better. This necessity of a change of consciousness is advocated today by our Prime Minister and

Pope Francis. And Pope Traveler said: "The ecological crisis is a crisis of morality and a real contempt for man." And that, together with the messages of the legendary letter of the Chief Seattle, was the guiding thought of the thesis of the founder of the band "Impact Factor", which gathers scientists-musicians from the Ruđer Bošković Institute.

Just playing and singing is not enough. It is necessary to move people and lead them to a change of consciousness through emotion. In what aspect? With what theme? Under what motto and name? And what impact factor can be achieved with it? We will reach the answers to these questions together, and the theme of the musical performance that we have decided to present here is ecological - the relationship of man to nature, the earth, forests, waters - some ancient environment that should be returned to some extent.

We believe that for us, scientists spiritually and intellectually dedicated to environmental protection, there is no better topic than this - to start our musical activities. This activity of ours, interrupted by the epidemic that left its consequences and shifted our focus from the human environment to the human interior, will most likely continue with the topic - "Antidepressants".

Key words: synergy of science and music, emotions, environmental protection, musical composition "Impact factor"

POSTERSKE PREZENTACIJE / POSTER PRESENTATIONS

Oblikovanje klifa i plaže u mekim stijenama otoka Vrgade i implikacije klimatskih promjena na obalnu eroziju

Kristina Pikelj

Geološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb

e-mail: kpikelj@geol.pmf.hr

Klifovi u mekim stijenama su uz plaže najosjetljiviji na obalnu eroziju. Ovakvi klifovi rijetka su pojava na hrvatskoj obali, a jedno od njih je klif na otoku Vrgadi. Kako bi se ocijenila dinamika i karakteristike oblikovanje klifa te njegov utjecaj na razvoj plaže, provodi se njegovo praćenje. Meke stijene klifa su građene od pleistocenskog aluvijalno-eolskog sedimenta, taloženog tijekom vodenim tokovima i donosom vjetrom. Riječ je u najvećoj mjeri o pjeskovitom materijalu s mjestimice povećanim udjelima sitnog šljunka ili mulja (Banak i dr., 2021). Ispod klifa nalazi se plaža nastala kao recipijent erodiranog materijala. Preliminarni rezultati istraživanja sedimenta plaže pokazali su da je dominantan smjer kretanja sedimenta na plaži prema SZ (Pikelj i Furčić, 2020), te da on u konačnici završava u okolnom moru. Ovakav smjer kretanja ukazuje na utjecaj valova oba dominantna vjetra: bure i juga.

Praćenje erozije klifa u posljednjih godinu dana pokazalo je da su promjene na njemu relativno male ukoliko su kontinuirane i odnose se uglavnom na osipavanje. Glavne promjene događaju se kao epizodni događaju obrušavanja ili odrona materijala s klifa. Glavni događaj u proteklih godinu dana dogodio se nakon izrazito kišovito jednomjesečnog razdoblja koji mu je prethodio. Uzevši u obzir dominaciju vjetrova iz istočnog smjera, te pojačanu količinu oborina, može se pretpostaviti da bi se erozija klifa u budućnosti mogla ubrzati uslijed povećane olujnosti.

Ključne riječi: erozija klifa, dužobalni transport, padinski procesi

Development of soft-rock cliff and beach on the Vrgada Island and coastal erosion implications of climate change

Kristina Pikelj

Geology Department, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, Zagreb, Croatia

e-mail: kpikelj@geol.pmf.hr

In addition to beaches, coastal soft-rock cliffs are the most vulnerable to coastal erosion. Such cliffs are rare on the Croatian coast, and one of them is the cliff on the Vrgada Island. In order to evaluate the dynamics and characteristics of cliff formation and its influence on the development of the beach, its monitoring is carried out. The soft rocks of the cliff consist of Pleistocene alluvial and aeolian sediments. It is mostly sandy material with increased proportions of fine gravel or mud in places (Banak et al., 2021). Below the cliff is a beach that has developed as a recipient of eroded material. Preliminary results from the study of beach sediments have shown that the predominant direction of long-shore sediment transport is towards the NW and that the material is eventually deposited on the surrounding seabed. This direction of movement indicates the influence of waves from the two prevailing winds: Bora and Sirocco.

Monitoring of cliff erosion over the past year has shown that most of the continuous changes are relatively minor and relate mainly to debris flows. The most important change occurred as episodic event in the form of collapse of material or rockfall. Last year's main event occurred after an extremely rainy one-month period. Considering the prevailing winds from the east and the increased amount of precipitation, it can be assumed that the erosion of the cliff may accelerate in the future due to increase storminess.

Key words: cliff erosion, long-shore transport, slope processes

Istraživanje morfologije i podrijetla plimskih potkapina na četiri susjedna otoka u sjevernom Jadranu

Nadia Dunato Pejnović¹, Čedomir Benac², Kristina Pikelj³

¹*Prirodoslovni muzej Rijeka, Lorenzov prolaz 1, Rijeka, Hrvatska;* ²*Sveučilište u Rijeci, R. Matejčić 3, 51000 Rijeka, Hrvatska;* ³*Geološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Horvatovac 102a, Zagreb, Hrvatska*
e-mail: nadia@prirodoslovni.com

Plimske potkapine su karakteristične erozijske forme koje se razvijaju na relativno zaštićenim karbonatnim stjenovitim obalama s malim plimnim rasponom (Neuman, 1968; Trenhaile, 2014). Stope bioerozije su općenito najviše blizu srednje razine mora i postupno se smanjuju prema gornjim i donjim granicama plime i oseke. Kao rezultat, formiraju se erozijski, žljebasti oblici s tipičnim U ili V presjekom (Pirazzoli, 1986). Kada se nalaze iznad ili ispod sadašnje srednje razine mora smatraju se jednim od najboljih geomorfoloških pokazatelja lokalnih promjena razine mora. Na Kvarneru, potkapine se javljaju na dubini većoj od 0,5 m ispod sadašnje srednje razine mora (Benac et al., 2004; Benac et al., 2008). Varijacije dubine potkapina posljedica su nedavnih tektonskih pokreta na području Kvarnera, koje je seizmotektonski vrlo aktivno.

U tijeku je sveobuhvatno istraživanje obale otoka Krka, Prvića, Plavnika i Cresa, s ciljem analize geometrije potkapina koristeći metodologije koje su dali Pirazzoli (1986) i Benac et al. (2004). Istraživanje uključuje bilježenje izloženosti obale i nagiba terena, uzimanje uzorka stijena za analizu karbonata te fotodokumentaciju potkapina korištenjem uvijek iste opreme. Za svaku fotodokumentiranu potkapinu provodi se morfološka analiza i analiza krivulje u svrhu boljeg razumijevanja relativnih promjena razine mora i nedavnih tektonskih regionalnih procesa.

Ključne riječi: plimske potkapine, bioerozija, razina mora, recentna tektonika

Exploring the Morphology and Genesis of Tidal Notches on Four Proximate Islands in the Northern Adriatic

Nadia Dunato Pejnović¹, Čedomir Benac², Kristina Pikelj³

¹*Natural History Museum Rijeka, Lorenzov prolaz 1, Rijeka, Croatia;* ²*University of Rijeka, R. Matejčić 3, 51000 Rijeka, Croatia;* ³*Geology Department, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, Zagreb, Croatia*
e-mail: nadia@prirodoslovni.com

Tidal notches are characteristic erosional forms that develop on relatively sheltered carbonate rocky coasts with low tidal ranges (Neuman, 1968; Trenhaile, 2014). Bioerosion rates are generally

highest near mean sea level (MSL) and gradually decrease toward the upper and lower limits of the tidal range. As a result, erosional, groove-like, features develop with a typical U or V shape (Pirazzoli, 1986). When found above or below the present MSL they are considered one of the best geomorphological indicators of local sea level changes. In the Kvarner area, tidal notches occur deeper than 0.5 m below the present MSL (Benac et al., 2004; Benac et al., 2008). The varying depth of tidal notches is a consequence of recent tectonic movements in the Kvarner area, which is seismotectonically very active.

As part of an ongoing research project, a comprehensive survey of the coasts of Krk, Prvić, Plavnik, and Cres islands is being carried out to analyze the geometry of tidal notches using the methodologies given by Pirazzoli (1986) and Benac et al. (2004). The survey includes recording the exposure of the coast and the slope of the terrain, taking rock samples for carbonate analysis, and photographically documenting the tidal notches with same equipment. Subsequently, morphological and curvature analyses are then performed on each photo-documented tidal notch to gain a better understanding of relative sea level changes and recent tectonic processes.

Keywords: tidal notches, bioerosion, sea level, Holocene regional tectonics

Reproduktivna i vegetativna morfologija dvije nove vrste crvenih algi - *Gelidium adriaticum* (Gelidiales, Gelidiaceae) i *Caulacanthus okamurae* Yamada (Gigartinales, Caulacanthaceae) - na slovenskoj obali (Tršćanski zaljev, sjeverno Jadransko more)

Claudio Battelli¹, Peter Glasnovič²

¹Frane Marušič 4, 6310 Izola, Slovenia; ²University of Primorska, Faculty of Mathematics, Natural Sciences and Information Technologies, Glagoljaška 8, 6000, Koper, Slovenia
e-mail: peter.glasnovic@upr.si

Ovo istraživanje prikazuje nalaz dviju dosad nepoznatih vrsta crvenih algi, *Caulacanthus okamurae* i *Gelidium adriaticum* na slovenskoj obali (Tršćanski zaljev, sjeverni Jadran). Prva vrsta je alohtona vrsta porijeklom iz sjeverozapadnog Pacifika, dok je druga predstavnik autohtone flore algi Jadranskog mora. Uzorkovanje je bilo sprovedeno u gornjem mediolitoralu na vapnenačkoj podlozi tijekom cijele godine. Uz terensko uzorkovanje, analiza je uključivala i laboratorijski rad gdje su relevantne strukture promatrane i fotografirane pod stereo i svjetlosnim mikroskopima. Ovdje su prikazane morfološke karakteristike i reproduktivna fenologija dviju vrsta. Također doprinosimo dodatnim razmatranjima za bolju identifikaciju dviju vrsta. Tijekom istraživanja, osim sterilnih talusa, pronađeni su tetrasporofitni talusi s tetrasporocistama i ženski gametofiti s cistokarpima obje vrste.

Ključne riječi: *Caulacanthus okamurae*, *Gelidium adriaticum*, mediolitoral, reproduktivna i vegetativna morfologija, slovenska obala, sjeverno Jadransko more

Reproductive and vegetative morphology of two new species of red algae - *Gelidium adriaticum* (Gelidiales, Gelidiaceae) and *Caulacanthus okamurae* Yamada (Gigartinales, Caulacanthaceae) - from the Slovenian coast (Gulf of Trieste, northern Adriatic Sea)

Claudio Battelli¹, Peter Glasnovič²

¹Frane Marušič 4, 6310 Izola, Slovenia; ²University of Primorska, Faculty of Mathematics, Natural Sciences and Information Technologies, Glagoljaška 8, 6000, Koper, Slovenia
e-mail: peter.glasnovic@upr.si

This study reports the occurrence of two previously unknown species of red algae, *Caulacanthus okamurae* and *Gelidium adriaticum* on the Slovenian coast (Gulf of Trieste, northern Adriatic Sea). The first species is a non-indigenous species native to the Pacific Northwest, while the second is a representative of the native algal flora of the Adriatic Sea. Sampling occurred in the upper midlittoral zone on limestone substrate over a full year. In addition to field sampling, the analysis included laboratory work where relevant structures were observed and photographed under

stereo and light microscopes. The morphological characteristics and reproductive phenology of two species are presented here. We also contribute additional considerations to better identify the two species. During the study, in addition to non-fertile thalli, tetrasporophytic thalli with tetrasporocysts and female gametophytes with cystocarps of both species, were found.

Keywords *Caulacanthus okamurae*, *Gelidium adriaticum*, midlittoral, reproductive and vegetative morphology, Slovenian coast, northern Adriatic Sea

GoDeep: Projekt za proučavanje biološke raznolikosti u i oko Krusija kanala

Robert Hofrichter¹, David Abed-Navandi^{1,12}, Thomas Ederer^{1,6}, Carmen Fontanes Eguiguren^{1,8}, Alexander Heidenbauer¹, Jessica Högermeyer^{1,10}, Theresa Hoi^{1,8}, Christian Hölzl¹, Manfred Kappner¹, Alexius Kaufmann¹, Michael Kuba^{1,2}, Nikolas Linke¹, Felix Lump^{1,11}, Rouven Metternich¹, Michaela Michal¹, Katrin Möckel^{1,11}, Oleg Simakov^{1,7}, Wolfgang Slany^{1,3}, Vladimir Tkalčić¹, Maximilian Wagner^{1,4}, Helmut Wipplinger¹, Gert Wörheide^{1,5}, Pauline Zagon^{1,9}
¹MareMundi Institute Krk, Frankopanska ul. 71, 51521, Punat, Croatia; ²Department of Biology, University of Naples Federico II, Via Cinthia 26, 80126 Naples, Italy; ³Institute of Software Technology, Graz University of Technology, Inffeldgasse 16b, 8010 Graz, Austria; ⁴Institut für Biologie, University of Graz, 8010 Graz, Austria; ⁵Department of Earth and Environmental Science, Palaeontology & Geobiology and GeoBio-Center^{LMU}, Richard-Wagner-Straße 10, 80333 München, Germany; ⁶University of Applied Sciences Burgenland, 7000 Eisenstadt, Austria; ⁷Department for Neuroscience and Developmental Biology, University of Vienna, Djerassiplatz 1, 1030 Vienna, Austria; ⁸University of Vienna, Universitätsring 1, 1010 Wien, Austria; ⁹Leibniz Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover, Germany; ¹⁰Christian Albrechts Universität zu Kiel, Christian-Albrechts-Platz 4, 24118 Kiel, Germany; ¹¹Hochschule Anhalt, Bernburger Str. 55, 06366 Köthen (Anhalt), Germany; ¹²Haus des Meeres, Fritz-Grünbaum-Platz 1, 1060 Wien, Austria
e-mail: robert.hofrichter@mare-mundi.org

GoDeep projekt Instituta MareMundi Krk ima za cilj razumijevanje i očuvanje biološke raznolikosti Sjevernog Jadrana, posebno u i oko Krusija kanala. Kanal se nalazi između otoka Cresa i Plavnika i jedinstven je jer predstavlja najdublju točku Sjevernog Jadrana, dosežući dubinu od 125 metara. Projekat koristi kombinaciju tehničkih ronilaca, daljinski upravljanih vozila (ROV), umjetno naseljenih struktura, kamera i senzora za istraživanje područja. Sveobuhvatan pristup GoDeep projekta obuhvaća proučavanje mikroorganizama do promatranja i razumijevanja većih morskih životinja kao što su *Octopus vulgaris* i vrsta morski pasa koje se obično nalaze u dubljim vodama, *Hexanchus griseus*. Projekat provodi kvalitativne i kvantitativne evaluacije kroz studije populacija, mapiranje distribucije, analizu trendova tijekom vremena, studije ponašanja u divljini i analizu ljudskih faktora smetnja kao što je buka. Time se generiraju vrijedni podaci za napore očuvanja usmjereni na razvoj učinkovitih strategija prilagodbe za borbu protiv utjecaja klimatskih promjena na staništa i vrste Jadranskog mora. Osim svojih istraživačkih ciljeva, GoDeep služi kao obrazovna platforma, nudeći prilike za buduće biologe i ljubitelje mora da sudjeluju u terenskom istraživanju. Dugoročni cilj MareMundi je uspostava zaštićenog morskog područja (MPA) u regiji, a GoDeep čini integralni dio studije izvodljivosti za ovaj pothvat.

Ključne riječi: Sjeverni Jadran, terensko istraživanje, tehnički ronionci, daljinski upravljana vozila (ROV), umjetne naseljene strukture

GoDeep: A Project to Study the Biodiversity in and around the Krusija Channel

Robert Hofrichter¹, David Abed-Navandi^{1,12}, Thomas Ederer^{1,6}, Carmen Fontanes Eguiguren^{1,8}, Alexander Heidenbauer¹, Jessica Högermeyer^{*1,10}, Theresa Hoi^{1,8}, Christian Hölzl¹, Manfred Kappner¹, Alexius Kaufmann¹, Michael Kuba^{1,2}, Nikolas Linke¹, Felix Lumpp^{1,11}, Rouven Metternich¹, Michaela Michal¹, Katrin Möckel^{1,11}, Oleg Simakov^{1,7}, Wolfgang Slany^{1,3}, Vladimir Tkalčić¹, Maximilian Wagner^{1,4}, Helmut Wipplinger¹, Gert Wörheide^{1,5}, Pauline Zagon^{1,9}

¹MareMundi Institute Krk, Frankopanska ul. 71, 51521, Punat, Croatia; ²Department of Biology, University of Naples Federico II, Via Cinthia 26, 80126 Naples, Italy; ³Institute of Software Technology, Graz University of Technology, Inffeldgasse 16b, 8010 Graz, Austria; ⁴Institut für Biologie, University of Graz, 8010 Graz, Austria; ⁵Department of Earth and Environmental Science, Palaeontology & Geobiology and GeoBio-Center^{LMU}, Richard-Wagner-Straße 10, 80333 München, Germany; ⁶University of Applied Sciences Burgenland, 7000 Eisenstadt, Austria; ⁷Department for Neuroscience and Developmental Biology, University of Vienna, Djerassiplatz 1, 1030 Vienna, Austria; ⁸University of Vienna, Universitätsring 1, 1010 Wien, Austria; ⁹Leibniz Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover, Germany; ¹⁰Christian Albrechts Universität zu Kiel, Christian-Albrechts-Platz 4, 24118 Kiel, Germany; ¹¹Hochschule Anhalt, Bernburger Str. 55, 06366 Köthen (Anhalt), Germany; ¹²Haus des Meeres, Fritz-Grünbaum-Platz 1, 1060 Wien, Austria

e-mail: robert.hofrichter@mare-mundi.org

The GoDeep project of MareMundi Institute Krk aims at understanding and preserving the biodiversity of the Northern Adriatic Sea, particularly in and around the Krusija channel. Located between the islands of Cres and Plavnik, the channel is unique as it represents the deepest point in the Northern Adriatic, reaching a depth of 125 meters. The project employs a combination of technical divers, remotely operated vehicles (ROVs), artificial settlement structures, cameras, and sensors to explore the area. GoDeep's comprehensive approach spans the study of microorganisms to the observation and understanding of larger marine animals such as *Octopus vulgaris* and a shark species usually found in deeper waters, *Hexanchus griseus*. The project conducts both qualitative and quantitative evaluations through population studies, distribution mapping, trend analysis over time, behavior studies in the wild, and analyzing human-induced stressors such as noise. It thereby generates valuable data for conservation efforts towards developing effective adaptation strategies to combat climate change impacts on the Adriatic Sea's habitats and species. In addition to its research objectives, GoDeep serves as an educational platform, offering opportunities for aspiring biologists and marine enthusiasts to participate in field research. MareMundi's long-term goal is to establish a Marine Protected Area (MPA) in the region, and GoDeep forms an integral part of the feasibility study for this endeavor.

Keywords: Northern Adriatic, field research, technical divers, remotely operated vehicles (ROVs), artificial settlement structures

Projekt CLIMEMPOWER: USER DRIVEN CLIMATE APPLICATIONS EMPOWERING REGIONAL RESILIENCE

Predrag Pale, Lucija Petricioli, Vesna Kezdorf, Marija Vurnek
Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska
e-mail: lucija.petricioli@fer.hr

Danas informacije o klimatskim promjenama postaju sve dostupnije, no teško je prikupiti sažete informacije i znanstveno utemeljene mogućnosti prilagodbe i ublažavanja. Cilj trogodišnjeg multidisciplinarnog i multinacionalnog projekta CLIMEMPOWER: USER DRIVEN CLIMATE APPLICATIONS EMPOWERING REGIONAL RESILIENCE (HORIZON-MISS-2022-CLIMA-01-01, početak projekta 01. 09. 2023.) je osnažiti regije s visokom ranjivošću na klimatske promjene i niskim kapacitetom za suočavanje s njima. Koordinator Projekta je Austrian Institute of Technology, a Fakultet elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu (FER) je jedan od partnera. Provođenje Projekta obuhvaća poboljšavanje razumijevanja opasnosti i rizika od klimatskih promjena u ranjivim regijama, pružanje informacija o otpornim razvojnim putovima i podupiranje planiranja i razvoja temeljenog na znanju. Projekt će prikupljati i pružati relevantne podatke, znanje i korisnički definirane i korisniku prilagođene aplikacije za podršku odlučivanju. FER će osigurati podršku analizi podataka i diseminaciji informacija te izraditi edukativne materijale i interaktivne alate namijenjene krajnjim korisnicima i široj javnosti. Nadalje, Fakultet će organizirati radionice i surađivati s institucijama koje mogu pružiti relevantne informacije ili koje mogu imati koristi od podataka prikupljenih ovim projektom. U prezentaciji će ukratko biti predstavljen Projekt, partneri, regije te ciljevi i postignuća koja se od Projekta očekuju.

Ključne riječi: klimatske promjene, ugrožene regije, diseminacija, edukacija

CLIMEMPOWER: USER DRIVEN CLIMATE APPLICATIONS EMPOWERING REGIONAL RESILIENCE - Project

Predrag Pale, Lucija Petricioli, Vesna Kezdorf, Marija Vurnek
University of Zagreb, Faculty of Electrical Engineering and Computing, Unska 3, 10000 Zagreb, Croatia
e-mail: lucija.petricioli@fer.hr

Even though information about climate change has increasingly become more available, it is difficult to gather concise information, and science-based adaptation and mitigation options. The aim of the three-year multidisciplinary and multinational project CLIMEMPOWER: USER DRIVEN CLIMATE APPLICATIONS EMPOWERING REGIONAL RESILIENCE (HORIZON-MISS-2022-CLIMA-01-01, starting date September 1, 2023) is to empower regions with high climate change vulnerability

and low coping capacity. The coordinator of the Project is the Austrian Institute of Technology and the Faculty of Electrical Engineering and Computing at Zagreb University (FER) is one of the partners. The implementation of the Project encompasses improving understanding of climate change hazards and risks in vulnerable regions, providing them with information on resilient development pathways, and supporting knowledge-based planning and development, all by providing them with relevant data, knowledge, and user-defined and user-friendly decision support applications. FER will provide support for the data analysis and information dissemination, as well as create educational materials and interactive tools aimed at end-users and the general public. Furthermore, the Faculty will organize workshops and liaise with institutions that can either provide pertinent information or that can benefit from the data gathered by this project. The Project overview will be presented in the contribution: its partners, regions and objectives, as well as expected outcomes.

Keywords: climate change, regions at risk, dissemination, education

Nove promjene u zajednicama mikrozooplanktona u estuariju rijeke Neretve

Davor Lučić¹, Jakica Njire¹, Ivana Violić², Natalia Bojanić³

¹Sveučilište u Dubrovniku, Institut za more i priobalje, Dubrovnik, Hrvatska; ²Sveučilište u Dubrovniku, Odjel za primijenjenu ekologiju, Dubrovnik, Hrvatska; ³Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split, Hrvatska
e-mail: davor.lucic@unidu.hr

Rijeka Neretva najveći je vodotok na istočnoj obali Jadrana, a njezina delta jedno je od najvažnijih i najplodnijih poljoprivrednih područja u Hrvatskoj. Posljednjih desetljeća more snažno prodire uz dno Neretve kao slani klin, a vertikalno miješanje ograničeno je na uzak prijelazni sloj između slatke vode na površini i slane vode ispod. Zooplankton je sakupljan od svibnja 2022. do siječnja 2023. Niskim bocama od 5 L u tri sloja (1 m, 5 m i pri dnu ~8 m) na dvije postaje: na ušću rijeke Neretve (S1) i na postaji Opuzen, 16 km uzvodno (S2). Tintinidi (trepetljikaši) bili su najbrojnija skupina sa značajno većom abundancijom na uzvodnoj stanici S2 ($p=0,039$) i najvišim mjesečnim prosjekom od 4184 ± 2260 stanica L^{-1} u listopadu. *Tintinnopsis karajacensis* (61,79%) i alohtoni invazivni tintinid *Rhizodomus tagatzi* (17,54%) bile su najzastupljenije vrste na S2, a *Tintinnopsis nana* (20,27%) na S1. Osim za tintinide, značajne razlike utvrđene su između postaja za rotifere ($p < 0,0001$), koje preferiraju niži salinitet (S2), te za kalanoidne kopepodite ($p=0,027$) i harpaktikoide ($p=0,044$), koji su bili brojniji na ušću rijeke (S1). Pozitivna korelacija ($p=0,001$) između temperature, saliniteta i mikrozooplanktonskih skupina (tintinidi, nelorikati, ličinke meroplanktona, naupliji kopepoda, kopepoditi, harpaktoidi) ukazuje na važnost hidrografskih čimbenika u kontroli njihove populacije. Visoka brojnost potvrđuje njihovu uspješnu prilagodbu u ovom ekološki osjetljivom okolišu i doprinosi novim spoznajama razumijevanju odnosa između biološke raznolikosti i funkcioniranja ovog ekosustava.

Ključne riječi: tintinidi, naupliji kopepoda, kopepoditi, hidrografske prilike, Jadransko more

New changes in the microzooplankton communities in the estuary of the Neretva River

Davor Lučić¹, Jakica Njire¹, Ivana Violić², Natalia Bojanić³

¹University of Dubrovnik, Institute for Marine and Coastal Research, Dubrovnik, Croatia;
²University of Dubrovnik, Department of Applied Ecology, Dubrovnik, Croatia; ³Institute of Oceanography and Fisheries, Split, Croatia
e-mail: davor.lucic@unidu.hr

The Neretva River is the largest watercourse on the eastern Adriatic coast, and its delta is one of the most important and fertile agricultural areas in Croatia. In recent decades, the sea has

penetrated the bottom of the Neretva as a salt wedge, and vertical mixing is limited to a narrow transition layer between the fresh water at the surface and the salt water below. Zooplankton were collected from May 2022 to January 2023 using 5-L Niskin bottles in three layers (1, 5, and near the bottom ~8 m) at two sites: at the mouth of the Neretva River (S1) and at the Opuzen station, 16 km upstream (S2). Tintinnids (ciliates) were the most numerous group with significantly higher abundances at the upstream station S2 ($p=0.039$) and the highest monthly mean of 4184 ± 2260 cells L⁻¹ in October. *Tintinnopsis karajacensis* (61.79%) and the alien tintinid *Rhizodomus tagatzi* (17.54%) were the most abundant species at S2 and *Tintinnopsis nana* (20.27%) at S1. Apart from tintinnids, significant differences were found between stations for rotifers ($p < 0.0001$), which prefer lower salinity (S2), and for calanoid copepodites ($p=0.027$) and harpacticoids ($p=0.044$), which were more abundant at the river mouth (S1). The strong positive correlation ($p=0.001$) between temperature and salinity and microzooplankton groups (tintinnids, non-loricates, meroplankton larvae, copepod nauplii, copepodites, harpacticoids) indicates the importance of these factors in controlling their populations. The high abundances confirm their successful adaptation in this ecologically sensitive environment and contribute to the current understanding of the relationship between biodiversity and ecosystem functioning.

Key words: tintinnids, copepods nauplii, copepodites, hydrographic conditions, Adriatic Sea

Nove neautohtone vrste mahovnjaka (Bryozoa) u Jadranskom moru

Maja Novosel

*Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Horvatovac 102a,
10000 Zagreb
e-mail: maja.novosel@biol.pmf.hr*

U posljednjih deset godina u Jadranskom moru utvrđeno je osam novih neautohtonih vrsta mahovnjaka. Godine 2014. dvije vrste zabilježene su na lancima za sidrenje duž hrvatske obale zajedno s jednom kriptogenom vrstom *Watersipora subtorquata*. Godine 2017. sljedeće tri vrste utvrđene su na čvrstim podlogama u jadranskim lukama: *Bugula neritina*, *Bugulina fulva* i *Bugulina stolonifera*. Godine 2019. duž slovenske obale utvrđena je još jedna vrsta: *Watersipora arcuata*. Godine 2021. sljedeća vrsta, *Arbopercula tenella*, zabilježena je za područje Tršćanskog zaljeva te duž talijanske i slovenske obale Jadranskog mora. Zbog utjecaja klimatskih promjena, porasta temperature mora i sve gušćeg pomorskog prometa, u bližoj budućnosti možemo očekivati još veći broj neautohtonih vrsta mahovnjaka u Jadranskom moru.

Ključne riječi: klimatske promjene, temperatura mora, invazivne vrste

Some new non-indigenous species of Bryozoa in the Adriatic Sea

Maja Novosel

*University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Biology, Horvatovac 102a, 10000 Zagreb,
Croatia
e-mail: maja.novosel@biol.pmf.hr*

In the last 10 years eight new non-indigenous bryozoan species had been reported in the Adriatic Sea. In 2014, two species, namely *Celleporaria brunnea* and *Amathia verticillata* were found on the leisure-craft mooring lines along the Croatian coast together with one cryptogenic bryozoan species: *Watersipora subtorquata*. In 2017, three species were reported from the hard substrata in the Adriatic harbors: *Bugula neritina*, *Bugulina fulva* and *Bugulina stolonifera*. In 2019, in the Slovenian coastal sea one more species was reported: *Watersipora arcuata*. In 2021, another species was found in the Gulf of Trieste, Slovenian and Italian coasts: *Arbopercula tenella*. In the near future more non-indigenous bryozoan species are expected in the Adriatic Sea due to climate change, sea temperature rise and heavy sea traffic.

Key words: climate change, sea temperature, invasive species

Specifične bentoske zajednice u preplavljenim špiljamaorskog jezera Zmajevog Oka

Donat Petricioli¹, Tatjana Bakran-Petricioli²

¹*D.I.I.V. za ekologiju mora, voda i podzemlja, Sali, Croatia;* ²*Biološki odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, Croatia*
e-mail: donatpetricioli@gmail.com

U morem preplavljenim špiljama obično se pojavljuju dvije biocenoze. Ulazne dijelove karakterizira velika bioraznolikost i velika biomasa – biocenoza polutamnih špilja. Mračne zidove unutrašnjih dijelova špilja naseljava manji broj vrsta s manjom biomasom – biocenoza tamnih špilja. Sastav i raspodjela zajednica direktno ovisi o količini svjetlosti, hidrodinamici i količini hrane dostupne za organizme koji u špiljama trajno žive. Tri istraživane preplavljene špilje u morskome jezeru Zmajevog Oka u Rogoznici formirane su u vertikalnim stijenama koje okružuju Jezero. Špilje su do deset m duge i do tri m visoke (pod morem). Sve su špilje povezane s okolnim morem kroz pukotine u potpuno tamnom unutarnjem dijelu, kroz koje voda cirkulira tijekom morskih mijena. Tom cirkulacijom bentoskim filtratorima u špiljama dolazi puno hrane jer je voda u Jezeru vrlo eutrofna. Sesilni bentos u špiljama Zmajevog Oka je jedinstven – sastoji se od malog broja makrobentoskih vrsta prisutnih u vrlo brojnim populacijama (koje su također podložne pomorima zbog anoksija). Kontinuirana izmjena vode između Jezera i okolnog mora, čak i tijekom holomiktičnih/anoksičnih događaja, omogućava preživljavanje pojedinim jedinkama bentoskih organizama, čime one postaju ishodište za oporavak i repopulaciju bentosa u Jezeru. U istraživanim špiljama zbog specifičnih ekoloških uvjeta živi zajednica koja podsjeća na biocenozu polutamnih špilja, ali se od nje razlikuje po značajno manjoj bioraznolikosti. Ova specifična zajednica, zbog cirkulacije vode tijekom morskih mijena, prisutna je i u najtamnijim unutrašnjim dijelovima špilja.

Ključne riječi: eutrofne morske špilje, eutrofno morsko jezero, anoksija, Rogoznica

Specific benthic community in submerged caves of the marine lake Zmajevog Oka

Donat Petricioli¹, Tatjana Bakran-Petricioli²

¹*D.I.I.V. for marine, freshwater and subterranean ecology, Sali, Croatia;* ²*Department of Biology, Faculty of Science, University of Zagreb, Zagreb, Croatia*
e-mail: donatpetricioli@gmail.com

Submerged marine caves usually host two biocenoses. Entrance parts are characterised with high biodiversity and high biomass – biocenosis of semi-dark caves. Dark walls of the inner part of caves

are inhabited with a small number of species and small biomass – biocenosis of dark caves. Composition and distribution of communities is directly related to the amount of light, hydrodynamics and the amount of available food for organisms that permanently reside in caves. Three researched submarine caves in marine lake Zmajevsko Oko in Rogoznica are formed in the vertical rocks that surround the Lake. The caves are below seawater, up to ten m long and up to three m high. All the caves are connected to the surrounding sea through one or few cracks in the completely dark innermost part, through which water circulate with each tide. Because of highly eutrophicated water in the Lake, with tidal water circulation, a lot of food is available to filter feeders in the caves. The sessile benthos in the Lake's caves is unique – it is composed of a few macrobenthic species in very abundant populations (which are sometimes subjected to mortalities caused by anoxia). Continuous water exchange between Lake and the sea, even during holomixia/anoxia events, enable some specimens of the benthic organisms to survive such events, making them the main source for repopulation of the Lake benthos. Researched marine caves, due to their specific ecological setting, host community that resembles biocenosis of semi-dark caves but it is different because of the low biodiversity. This community, due to tidal circulation is also present in the innermost dark part of the caves.

Key words: eutrophic marine caves, eutrophic marine lake, anoxia, Rogoznica

Kondicioniranje jakobove kapice *Pecten jacobaeus* (Linnaeus, 1758) u mrjestilištu

Valentina Šebalj¹, Ivan Župan², Lav Bavčević², Tomislav Šarić², Petar Zuanović

¹Ministarstvo poljoprivrede, Uprava ribarstva, Služba za akvakulturu, Ispostava Zadar, Ivana Mažuranića 30, 23000 Zadar; ²Sveučilište u Zadru, Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu, Trg Kneza Višeslava 9, 23000 Zadar
e-mail: vsebalj@gmail.com

Marikultura je proteklih godina najveći opskrbljivač tržišta proizvodima školjkaša, ali zbog male raznolikosti vrsta iz uzgoja, sve je veća potreba za uvođenjem novih vrsta. Utjecaj klimatskih promjena posebno se negativno odražava na obalna područja u kojima se školjkaši uzgajaju te uzrokuju velike gubitke u proizvodnji. Negativni utjecaji posebno su izraženi kod ličinačkih stadija, te se očituju kroz smanjene stope njihova preživljavanja, abnormalni razvoj i slab rast. S obzirom da je dostupnost mlađi ključan faktor za uspješan razvoj akvakulture, ovi bi se utjecaji mogli prevladati uzgojem mlađi u mrjestilištima, pod kontroliranim uvjetima.

U ovom radu proveli smo preliminarno istraživanje kondicioniranja matičnog jata jakobove kapice *Pecten jacobaeus* (Linnaeus, 1758) u mrjestilištu radi njene pripreme za mrijest i mogućeg uvođenja u komercijalnu akvakulturu. Matično jato prikupljeno iz prirode aklimatizirano je 5 dana pri temperaturi od 16°C i salinitetu od 35. Nakon toga započeto je hranjenje s algom *Isochrysis galbana* u iznosu od 3% ukupne suhe mase mekog tkiva. Provedena su mjerenja indeksa kondicije (IK), gonadosomatskog indeksa (GSI) i indeksa mišića aduktora (IM) na početku i 21 dan nakon hranjenja. Prvi rezultati ukazuju da kondicioniranje daje dobre rezultate, odnosno IK i IM su bili stabilni dok je GSI porastao za cca. 20%. Dobiveni rezultati u budućnosti će se pokušati unaprijediti kako bi se školjkaše potaklo na kontrolirani mrijest.

Ključne riječi: *Pecten jacobaeus*, mrjestilište, kondicioniranje

Conditioning of the Mediterranean scallop *Pecten jacobaeus* (Linnaeus, 1758) under hatchery conditions

Valentina Šebalj¹, Ivan Župan², Lav Bavčević², Tomislav Šarić², Petar Zuanović

¹Ministry of Agriculture, Directorate of Fisheries, Service for Aquaculture, Zadar Office, Ivana Mažuranića 30, 23000 Zadar; ²University of Zadar, Department of Ecology, Agriculture and Aquaculture, Trg Kneza Višeslava 9, 23000 Zadar, Croatia
e-mail: vsebalj@gmail.com

In recent years, mariculture was the largest market supplier for shellfish products, but due to the low variety of cultivated species, there is an increasing need to introduce new ones. The impact of climate change has especially negative impact on coastal areas where shellfish are farmed, thus

causing large production losses. These impacts are especially pronounced for the larval stages, and are manifested through reduced survival rates, abnormal development, and poor growth. As availability of seed is a key factor for the successful development of aquaculture, these impacts could be overcome by seed production under controlled conditions, in hatcheries.

In this research, we conducted a preliminary study on the broodstock conditioning of the Mediterranean scallop *Pecten jacobaeus* (Linnaeus, 1758) under hatchery conditions for its preparation for spawning and possible introduction into the commercial aquaculture. The broodstock, was collected from nature, and acclimatized for 5 days at 16 °C and salinity of 35. Afterwards, it was fed with *Isochrysis galbana* in the amount of 3% of its total dry soft tissue mass. The condition index (CI), gonadosomatic index (GSI) and adductor muscle index (MI) were calculated at the start and 21 days after feeding started. The first results indicate that conditioning gives good results, i.e., GSI increased by cca. 20%, while CI and MI were stable. In the future, obtained results will be improved so to induce controlled spawning.

Key words: *Pecten jacobaeus*, hatchery, conditioning

Predacija plošnjaka *Imogine mediterranea* na dagnji *Mytilus galloprovincialis* kao posljedica pojave IAS-a

Andrej Jaklin¹, Dijana Pavičić-Hamer¹, Luca Privileggio¹, Jadranka Pelikan^{1,2}, Daniele Suman³, Maja Maurić Maljković^{1,4}, Hrvoje Labura⁵, Lea Brumnić⁴, Matija Hamer^{1,6}, Nikola Tanković⁶, Bojan Hamer¹

¹Centar za istraživanje mora Rovinj, Institut Ruđer Bošković, Hrvatska; ²Pelikan Consult d.o.o., Zadar, Hrvatska; ³Talijanska srednja škola Rovinj - Rovigno, Rovinj, Hrvatska; ⁴Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska; ⁵Veterinarska ambulanta Rovinj, Rovinj, Hrvatska; ⁶Fakultet informatike Sveučilišta u Puli, Pula, Hrvatska
e-mail: jaklin@irb.hr

Tijekom monitoringa pojave intenzivnog obraštanja invazivne vrste plaštenjaka *Clavelina oblonga* Herdman, 1880 na uzgajalištu školjkaša u Limskom zaljevu (SI Jadran, Hrvatska), uočena je neuobičajeno velika brojnost slobodnoživućeg plošnjaka *Imogine mediterranea* (Galleni, 1976) (Turbellaria). Prethodno je već bilo utvrđeno da se *I. mediterranea* hrani komercijalnim dagnjama i kamenicama, pa je iskrsnulo pitanje: Da li se plošnjak hrani samo oslabljenim-uginulim dagnjama u obraštaju *C. oblonga*, ili može napasti i zdrave dagnje? Koristeći eksperimentalni postav senzora za otvorenost ljuštore dagnje (VGMM) pokušali smo odgovoriti na to pitanje.

Pratili smo u laboratorijskim uvjetima otvorenost ljuštore (VG) šest dagnji tijekom aklimatizacije i izloženosti predaciji plošnjaka do ugibanja prve dagnje (dva dana). Prije i tijekom predacije bilo je moguće pratiti normalan dnevni ritam VG školjkaša (>70% vrijeme filtracije kad je školjka otvorena >50%, uz 1-5 perioda mirovanja), promjene ponašanja izloženih dagnji (4) u usporedbi s kontrolnim dagnjama (2), trenutak napada plošnjaka, odgovor dagnje na predaciju, te trenutak ugibanja dagnje

Plošnjak *I. mediterranea* je najvjerojatnije krajnje oportunistička vrsta, ali može napadati i zdrave dagnje. Srećom, nisu svi plošnjaci, sakriveni među mrežicom pergolara i vegetacijom, napadali dagnju istovremeno. Jedino su najveći, "jksusni" plošnjaci mogli napasti i usmrtniti dagnje, dok su ostali iskoristili priliku za "besplatan obrok".

Prema našim terenskim opažanjima IAS (Invasive Alien Species) plaštenjaka *C. oblonga*, niskoj stopi predacije i pojedinačnom izboru plijena, potencijalni utjecaj plošnjaka u uzgoju školjkaša ovisi prvenstveno o brojnosti prisutnih plaštenjaka.

Ključne riječi: *Mytilus galloprovincialis*, promjena ponašanja, predacija, *Imogine mediterranea*, Valve Gaping Mussel Monitoring System

Mussel *Mytilus galloprovincialis* predation by flatworm *Imogine mediterranea* as consequence of IAS appearance

Andrej Jaklin¹, Dijana Pavičić-Hamer¹, Luca Privileggio¹, Jadranka Pelikan^{1,2}, Daniele Suman³, Maja Maurić Maljković^{1,4}, Hrvoje Labura⁵, Lea Brumnić⁴, Matija Hamer^{1,6}, Nikola Tanković⁶, Bojan Hamer¹

¹Center for Marine Research Rovinj, Ruđer Bošković Institute, Croatia; ²Pelikan Consult d.o.o., Zadar, Croatia; ³Scuola Media Superiore Italiana Rovinj - Rovigno, Rovinj, Croatia; ⁴Faculty of Veterinary Medicine, University of Zagreb, Zagreb, Croatia; ⁵Veterinary clinic Rovinj, Rovinj, Croatia; ⁶Faculty of Informatics, University of Pula, Pula, Croatia
e-mail: jaklin@irb.hr

In the summer 2021 and 2022, during monitoring of the intensive ascidian tunicate invasive species *Clavelina oblonga* Herdman, 1880 fouling occurrence at shellfish farm locations in the Lim Bay (NE Adriatic Sea, Croatia), the presence of unusual numerous individuals of the free-living flatworm *Imogine mediterranea* (Galleni, 1976) (Turbellaria) was determined. It was previously established that *I. mediterranea* feeds on the commercial mussels and oysters. With experimental setup using valve gaping mussel monitor (VGMM), we tried to answer raised question: Does the flatworm feed only on weakened-death mussel in *C. oblonga* fouling "sods" or can attack healthy mussels also?

Under laboratory conditions, we monitored the VG of six mussels during acclimation and exposure until the death of the first prey (two days). It was possible to observe the normal daily rhythm of mussel's VG (> 70% time filtrating with the valve open > 50%, with 1-5 resting periods) before and during exposure of mussels to flatworms. We also noticed the behavioural changes of exposed mussels (4) compared to control mussels (2), the timing of flatworm attack, the response of mussels during predation, and the timing of mussel death.

The flatworm *I. mediterranea* is most likely a highly opportunistic species but can also feed on healthy mussels. Fortunately, not all flatworms present, hiding between the mussel net and vegetation, attack mussel simultaneously. Only the larger, "experienced" flatworms are able to attack and kill the mussels, and the remaining "colleagues" are just having a free meal. According to our field IAS ascidian tunicate *C. oblonga* observations and the slow predation rate and individual prey selection, the potential impact of flatworms in shellfish mariculture depends largely on the number of flatworms present.

Keywords: *Mytilus galloprovincialis*, Behaviour response, Predation, *Imogine mediterranea*, Valve Gaping Mussel Monitoring System

Utjecaj okolišnih (hrana, temperatura) i antropogenih (plastika) pritisaka na glavate želve

Nina Marn¹, Marko Jusup², S. A. L. M. Kooijman³, Tin Klanjšček¹

¹Zavod za istraživanje mora i okoliša, Institut Ruđer Bošković, 10000 Zagreb, Hrvatska; ²Tokyo Tech World Research Hub Initiative (WRHI), Institute of Innovative Research, Tokyo Institute of Technology, Tokyo 152-8552, Japan; ³Odjel za teorijsku biologiju, Vrije universiteit Amsterdam, Amsterdam 1801, Nizozemska
e-mail: nmarn@irb.hr

Glavata želva (*Caretta caretta*) najčešća je morska kornjača Jadranskog mora, te je zaštićena nacionalnim i međunarodnim zakonima i konvencijama. Jadran je prepoznat, uz sjevernoafrički zaljev Gabes, kao jedno od dva najznačajnija područja gdje se hrane mediteranske glavate želve, što čini ove kornjače čestim gostima našeg mora. Usprkos zaštiti, kornjače su izložene okolišnim i antropogenim pritiscima, koji najčešće imaju negativan utjecaj na jedinke i populacije.

Koristeći dostupne podatke i ekološko modeliranje, procijenili smo utjecaj dva okolišna i jednog antropogenog pritiska na glavate želve: utjecaj količine dostupne hrane i temperature u okolišu, te utjecaj količine (pojedene) plastike.

Rezultati pokazuju da količina hrane u okolišu najviše utječe na konačnu veličinu kornjača, dok temperatura igra važnu ulogu pri rastu i sazrijevanju. Reprodukcijska je pod utjecajem oba okolišna čimbenika, a duljina pri kojoj dolazi do spolnog sazrijevanja pokazuje malu varijaciju pri simuliranim uvjetima, sugerirajući da je varijabilnost prisutna u populacijama posljedica razlika među individuama (a ne utjecaja okoliša).

Nadalje, utjecaj pojedene plastike karakteriziran je sličnim utjecaju smanjenje količine hrane, odnosno što je više plastike u probavilu morske kornjače, to će biti veća redukcija energije dostupne za biološke procese. Podaci o količinama pojedene plastike sugeriraju 10% do 15% niži kondicijski indeks, i 10% do 88% manju reprodukciju u sezoni, što može dovesti i do kolapsa populacija.

Ključne riječi: dinamički energijski proračun, *Caretta caretta*, utjecaj hrane i temperature na životni ciklus, onečišćenje plastikom

Effects of environmental (food availability, temperature) and anthropogenic (plastics) pressures on loggerhead turtles

Nina Marn¹, Marko Jusup², S. A. L. M. Kooijman³, Tin Klanjšček¹

¹Ruđer Bošković Institute, Division for Marine and Environmental Research, Zagreb, Croatia; ²Tokyo Tech World Research Hub Initiative (WRHI), Institute of Innovative Research, Tokyo Institute of Technology, Tokyo 152-8552, Japan; ³Department for theoretical biology, Vrije universiteit Amsterdam, Amsterdam 1801, The Netherlands
e-mail: nmarn@irb.hr

The loggerhead turtle (*Caretta caretta*) is the most common sea turtle of the Adriatic Sea, and is protected by national and international laws and conventions. The Adriatic Sea is, together with the Gulf of Gabes, one of the two most important areas where Mediterranean loggerheads feed, which makes these turtles our frequent guests. Despite protection, turtles are exposed to environmental and anthropogenic pressures, which most often have a negative impact on individuals and populations.

Using available data and ecological modeling, we assessed the impact of two environmental and one anthropogenic pressure on loggerheads: available food and temperature in the environment, and (ingested) plastic.

The results show that the amount of food in the environment has the greatest influence on the final size of the turtles, while temperature plays an important role in growth and maturation. Reproduction is influenced by both environmental factors, and the length at sexual maturity shows little variation under simulated conditions, suggesting that the variability present in populations is due to differences between individuals (rather than the effect of the environment).

Furthermore, the impact of the ingested plastic is characterized as similar to that of food reduction, i.e. the more plastic there is in the sea turtle's digestive system, the greater the reduction of energy available for biological processes. Data on the amount of plastic suggest a 10% to 15% lower condition index, and a 10% to 88% lower seasonal reproduction, which could lead to a population collapse.

Keywords: Dynamic Energy Budget, *Caretta caretta*, food and temperature effects on life-history traits, plastic ingestion

Ponikve eko otok Krk na putu prema CO₂ neutralnosti

Dejan Kosić

*Ponikve eko otok Krk, d.o.o., Vršanska ul. 14, Krk, Hrvatska
e-mail: dean.kosic@ponikve.hr*

Ponikve eko otok Krk je komunalna tvrtka koja se bavi gospodarenjem otpadom na otoku Krku. Prvi u RH od 2005. godine organizirano provode odvojeno prikupljanje otpada. Danas uz dostignuća od 60% odvojeno prikupljenog otpada sežu u sam vrh ovakvih sustava u EU, te ne čudi kako su na putu za titulom „Zero Waste“ otoka. Među brojnim projektima izdvajamo projekt InNoPlastic istraživački Horizont 2020 projekt pokrenut sa svrhom uspostave učinkovitog procesa čišćenja i prikupljanja mikro i makro plastike, s ciljem sprječavanja zagađenja mora makro i mikroplastikom. Otpadna makro i mikro plastika završava u morima i oceanima, a hranidbenim lancem i na našim stolovima. Plastika u prirodi ugrožava živote morskih organizama, šteti gospodarstvu i turizmu, a doprinosi i klimatskim promjenama. Zadatak Ponikava u ovom projektu zajedno sa ostalim partnerima je razvoj autonomnog robota „Seeker“ s AI neuronskom mrežom, sposobnog za autonomno kretanje, prepoznavanje i uklanjanje otpada s plaža.

Ključne riječi: gospodarenje otpadom, Zero Waste otok, mikro i makro plastika, robotika, plaže, morski plastični otpad

Ponikve eco island Krk on the way to CO₂ neutrality

Dejan Kosić

*Ponikve eko otok Krk, d.o.o., Vršanska ul. 14, Krk, Hrvatska
e-mail: dean.kosic@ponikve.hr*

Ponikve eko otok Krk is a utility company that deals with waste management on the island of Krk. The company is pioneer in the Republic of Croatia in separate waste collection since 2005. Today, with the achievements of 60% of separately collected waste, they reach the top level of such systems in the EU, and it is not surprising that they are on their way to the title of the "Zero Waste" island. Among the numerous projects, we will point out the InNoPlastic research project Horizon 2020, a project launched with the purpose of establishing an efficient process of cleaning and collecting micro and macro plastics, with the aim of preventing the sea pollution. Plastic waste ends up in seas and oceans, and through the food chain reaches our tables. Plastic in nature endangers the lives of marine organisms, harms the economy and tourism, and also contributes to climate change. Beside activating citizens to involve in beach cleanings, the task of Ponikve in this project, together with other partners, is the development of an autonomous robot "Seeker" with an AI neural network, capable of autonomous movement, recognition and removal of waste from the beaches.

Keywords: waste management, Zero Waste island, micro and macro plastics, robotics, beaches, marine plastic waste

Projekt MARE MODUL – umjetnička keramička morska staništa – sinergija znanosti i umjetnosti

Tatjana Bakran-Petricioli¹, Donat Petricioli², Lidia Boševski³

¹*Biološki odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb;* ²*D.I.I.V. za ekologiju mora, voda i podzemlja, Sali;* ³*Atelier Owl, Zagreb*
e-mail: tatjana.bakran-petricioli@biol.pmf.hr

Ljudski utjecaj u moru očituje se gubitkom staništa za morske organizme. Degradirana morska staništa više ne mogu podržavati dovoljnu proizvodnju kisika, organizama za hranu ili ljepotu morskog pejzaža, a niti ublažavati utjecaj klimatskih promjena. Začetnica projekta MARE MODUL Lidia Boševski zamislila je da umjetnici keramičari naprave skulpture koje bi organizmima u moru postale staništa, s ciljem obnove i obogaćivanja morske flore i faune. Morski biolozi i ronionici prvo su educirali umjetnike o tome kako i gdje organizmi žive. Zaključak je bio da umjetnička keramička staništa treba položiti u more na onom mjestu na kojem su prirodne zajednice već osiromašene. Težeći za pozitivnim ljudskim utjecajem na prirodu i što diskretnijim ulaskom u podmorski okoliš, deset umjetnika je kreiralo buduća staništa za morske organizme. Keramičke umjetničke skulpture prikazane su na nekoliko izložbi, a u more su položene u studenom 2018. godine u Kraljevici. Skulpture su položene uz suradnju KPA Adria, na dubinu od 15 do 20 metara, na kojoj ih ronionici mogu razgledavati, a znanstvenici pratiti naseljavanje. Projekt MARE MODUL dobio je godišnju nagradu Hrvatske udruge likovnih umjetnika primijenjenih umjetnosti za najbolju izložbu 2018. godine. Ronionici, biolozi i podmorski fotografi obišli su umjetnička morska staništa u više navrata te zabilježili naseljavanje morskih organizama. Rezultati ovog sinergijskog projekta odlično šalju poruku široj javnosti o važnosti morskih staništa za ljude i potrebi njihova očuvanja.

Ključne riječi: obnova degradiranih staništa, suradnja znanstvenika i umjetnika, podizanje svijesti o važnosti očuvanja prirode

MARE MODUL Project – artistic ceramic marine habitats – synergy between science and art

Tatjana Bakran-Petricioli¹, Donat Petricioli², Lidia Boševski³

¹*Department of Biology, Faculty of Science, University of Zagreb, Zagreb, Croatia;* ²*D.I.I.V. for marine, freshwater and subterranean ecology, Sali, Croatia;* ³*Atelier Owl, Zagreb, Croatia*
e-mail: tatjana.bakran-petricioli@biol.pmf.hr

Human impact in the sea is manifested with the increasing loss of habitats for marine organisms. Degraded marine habitats can no longer provide goods and services to humans: production of oxygen, marine organisms for food, or the beauty of the seascape, nor can they mitigate the impact of climate change. The originator of the MARE MODUL project, artist Lidia Boševski, envisioned ceramic artists creating sculptures that would become habitats for marine organisms, with the aim of restoring and enriching marine flora and fauna. Marine biologists and divers first educated artists how and where marine organisms live. The conclusion was that artistic ceramic habitats should be put in the sea in the location where marine communities have already been depleted by human activities. Driven by the desire for a positive human influence on nature and to enter the underwater environment as discreetly as possible, ten artists created future habitats for marine organisms. Ceramic art sculptures were first presented through exhibitions and then placed in the sea in Kraljevica in November 2018. With help of Adria Underwater Activities Club sculptures were placed at a depth of 15 to 20 meters, where divers and visitors can prospect them, and scientists can monitor the settlement of organisms. The MARE MODUL project received the annual award of the Croatian Association of Applied Arts Artists for the best exhibition in 2018. Divers, biologists and underwater photographers have visited the artistic marine habitats on several occasions and recorded colonisation of marine organisms. Results of this synergic project send a message to the general public about the importance of marine habitats for people and the need to preserve them.

Key words: restoration of degraded habitats, collaboration between scientists and artists, raising awareness about nature conservation importance

Muzeji i klimatske promjene

Milvana Arko-Pijevac

Prirodoslovni muzej Rijeka, Lorenzov prolaz 1, 51000 Rijeka, Hrvatska
e-mail: milvana@prirodoslovni.com

U okviru nove muzeologije danas muzeji imaju veliku ulogu u društvenom razvoju te tradicionalnu ulogu čuvanja i prezentiranja baštine nadopunjuju socijalnom uključenosti i animacijom za društvenu korisnost. Klimatske promjene danas su jedan od najvećih izazova s kojima se društvo suočava. Osnovom definicije djelatnosti muzeja, prirodoslovni muzeji su potencijalno snažni saveznici u razumijevanju i edukaciji javnosti o klimatskim promjenama. Prema istraživanjima Europske mreže muzeja (NEMO) i provedene ankete na 578 muzeja iz 38 evropskih zemalja između travnja i lipnja 2022., donesene su preporuke za uključivanje muzeja u održivu tranziciju Europe. Rezultati ankete pokazali su da su održivost i klimatske promjene kao strateške teme prepoznate u samo 10 anketiranih europskih muzeja. Prema rezultatima, tema o klimatskim promjenama značajno je zastupljena u 70% muzeja, dok 29,2% muzeja nemaju aktivnosti vezane uz klimatske promijene. Teme o klimatskim promjenama 37,3% muzeja smatra vrlo važnim u njihovim aktivnostima i poslovanju, a 32,7% muzeja značajnom temom u njihovim aktivnostima i javnim ponudama. Mjere održivog razvoja u upravljanju i održavanju muzeja primjenjuje oko 50% muzeja, a tiču se korištenja energenata, osvjetljenja, ponude jela i pića u vlastitim restoranima te razvrstavanja otpada i korištenja plastike.

Objavljenih podataka o provođenju aktivnosti na temu klimatskih promjena u hrvatskim muzejima te primjenu mjera održivog razvoja u upravljanju i održavanju muzeja, nema. Osnovom jednostavne i brze analize na web stranicama hrvatskih muzeja za razdoblje od 2018.-2023.g. i podacima o odobrenim muzejskim programima Ministarstva kulture i medija, klimatske promjene su teme povremenih predavanja i radionica nekolicine muzeja, dok Odjel i centar za obnovljive izvore energije i energetske učinkovitost Tehničkog muzeja *Nikola Tesla* u Zagrebu kontinuirano komunicira s publikom o održivom razvoju s temama o obnovljivim izvorima energije, energetske učinkovitosti u zgradarstvu, kućanskim uređajima i rasvjeti te hibridnim električnim vozilima. Prirodoslovni muzeji i odjeli unutar općih muzeja nemaju jasno istaknute teme i aktivnosti o klimatskim promjenama. Aktivnosti o klimatskim promjenama i održivom razvoju unutar hrvatske muzejske zajednice uglavnom su rezultat osobnog promišljanja i osviještenosti pojedinih stručnjaka muzeja. Za kvalitetniju analizu potrebno je provesti anketu o aktivnostima vezanim za klimatske promjene unutar hrvatskih muzeja. Za poticanje razumijevanja publike o znanosti, prirodi i okolišu, promjenama koje donose klimatske promijene, njihovom ublažavanju i prilagodbama na klimatske promjene nužna je izrada jasne strategije na razini cijele muzejske zajednice s ciljanim aktivnostima i uključivanjem šire javnosti te podrška od gradskih, regionalnih i državnih upravnih tijela.

Ključne riječi: klimatske promijene, održivi razvoj, muzeji, programska djelatnost muzeja

Museums and climate change

Milvana Arko-Pijevac

Natural History Museum Rijeka, Lorenzov prolaz 1, 51000 Rijeka, Croatia, e-mail:

milvana@prirodoslovni.com

Within the scope of new museology, modern museums play a major role in social development and complement their traditional role of preserving and presenting heritage with social involvement and animation for social usefulness. Climate change represents one of the biggest challenges society faces today. Based on the definition of their role, natural history museums are potentially powerful allies in understanding and educating the public about climate change. According to research conducted by the Network of European Museum Organisations (NEMO), which included a survey of 578 museums from 38 European countries between April and June 2022, recommendations were made for the inclusion of museums in Europe's sustainable transition. The results of the survey showed that sustainability and climate change are recognized as strategic topics in only ten observed European museums. According to the results, the topic of climate change is significantly represented in 70% of museums, while 29.2% of museums have no activities related to climate change. Climate change is considered to be a very important topic in the activities and management of 37.3% of museums, while it represents a significant topic in activities and public offerings of 32.7% of museums. Sustainable development measures in the management and maintenance of museums are applied by approximately 50% of museums, and those include the use of energy, lighting, the offer of food and drinks in their restaurants, the sorting of waste, and the use of plastic.

There is no published data on the implementation of activities related to climate change in Croatian museums and the application of sustainable development measures in the management and maintenance of museums. Based on a simple and quick analysis of the Croatian museums' websites, from 2018 to 2023 and data on the museum programs approved by the Ministry of Culture and Media, climate change is the topic of occasional lectures and workshops of several museums, while the Department and Information Centre of Renewable Resources and Energy Efficiency at the Nikola Tesla Technical Museum in Zagreb continuously communicates with the public about sustainable development, presenting topics on renewable energy, energy sources, energy efficiency in buildings, household appliances and lighting, and hybrid electric vehicles. Natural history museums and such departments within general museums do not have highlighted topics and activities on climate change. Activities on climate change and sustainable development in Croatian museums are mainly the result of personal dispositions and awareness of individual museum experts. For a more qualitative analysis, it is necessary to survey activities related to climate change within Croatian museums. To encourage the audience's understanding of science, nature, and the environment, the transformations brought about by climate change, and their mitigation and adaptation to climate change, it is necessary to develop a clear strategy at the level of the entire museum community with targeted activities that involve the general public, and are supported by the local, regional and state administrative bodies.

Keywords: climate change, sustainable development, museums, program activities of museums

Kazalo autora / Author index

Abed-Navandi, David	118
Ahel, Marijan	104
Aleksandrov Fabijanić, Tamara	58
Alfoldy, Balint	100
Alvir, Marta	76, 78
Arko-Pijevac, Milvana	136
Bakran-Petricioli, Tatjana	92, 96, 106, 125, 134
Baričević, Ana	64
Battelli, Claudio	116
Bavčević, Lav	48, 127
Benac, Čedomir	19, 23, 114
Bertelsmeier, Cleo	42
Biliškov, Nikola	57
Blažina, Antonio	64
Bogovac, Tonko	21, 29
Bojanić, Natalia	122
Boševski, Lidia	134
Brailo Šćepanović, Marina	64
Brajković, Alin	64
Bratoš Cetinić, Ana	64, 66
Brkić, Antun Lovro	58
Brumnić, Lea	129
Bujan, Jelena	42
Buršić, Moira	52
Carević, Dalibor	21, 27, 29, 64, 66, 74
Cenov, Arijana	64, 66
Ciglencečki, Irena	15, 90, 92, 94, 96, 98, 100, 102, 104, 106
Cohe, Ivana	94
Cukrov, Neven	60
Čanković, Milan	15, 92, 102, 104
Čief, Matej	52
Čimbora Zovko, Tamara	82
Ćuže Denona, Maja	17
Dautović, Jelena	15
Delcaro, Nicol	52
Denamiel, Cléa	13, 72
Djerdj, Tamara	48
Dominović, Iva	92, 96, 98, 100, 106

Družeta, Siniša	78
Dulčić, Jakov	46
Dunato Pejnović, Nadia	114
Duplić, Aljoša	80
Dutour-Sikirić, Mathieu	15, 96
Ederer, Thomas	118
Filipović Marijić, Vlatka	60
Fontanes Eguiguren, Carmen	118
Gavrilović, Ana	60
Geček, Sunčana	48, 96
Glad, Marin	64, 66
Glasnović, Peter	116
Grđan, Sanja	64
Gregorič, Asta	100
Grgić, Irena	100
Güttler, Ivan	11
Haberle, Ines	48
Hackenberger, Branimir K.	48
Hackenberger, Domagoj K.	48
Hamer, Bojan	68, 70, 129
Hamer, Matija	129
Hasanspahić, Nermin	64
Heidenbauer, Alexander	118
Hočevan, Samo	94, 100
Hodak Kobasić, Vedranka	104
Hofrichter, Robert	118
Högermeier, Jessica	118
Hoi, Theresa	118
Hölzl, Christian	118
Horvat, Ivna	82
Horvat, Matea	40
Impact factor	110
Ivanković, Dušica	60
Ivče, Renato	64
Iveša, Neven	52
Jaklin, Andrej	68, 70, 129
Jakupović, Dado	23
Jelenović, Rea	52
Jerinić, Linda	66
Jusup, Marko	131
Kalinić, Filip	27
Kappner, Manfred	118
Kaufmann, Alexius	118
Kerbavčić Degač, Valnea	33

Kezdorf, Vesna	120	Michal, Michaela	118
Kipson, Silvija	55	Mičić, Klara	50
Klanjšček, Jasminka	48	Mičić, Milena	50, 84
Klanjšček, Tin	48, 131	Mifka, Boris	100, 102
Kobašlić, Ana	82	Mijošek, Tatjana	60
Kokorović, Andreja	52	Mikuš, Josip	64, 66
Kontrec, Jasminka	58	Miščević, Ljubomir	35, 38
Kooijman, S. A. L. M.	131	Mlinar Cic, Ciril	88
Koritnik, Jelena	27	Möckel, Katrin	118
Kosić, Dejan	133	Mohović, Đani	64
Kovačević, Vedran	68	Mokos, Melita	25, 86
Kovačić, Mirjana	40	Moslavac, Žana	84
Kralj, Damir	58	Novosel, Maja	124
Kralj, Tomislav	60	Njegić Džakula, Branka	58
Kranjčević, Lado	76	Njire, Jakica	15, 122
Kraus, Romina	64, 66, 74	Pale, Predrag	120
Krulić Mutavčić, Bernarda	33	Paliaga, Paolo	52
Krvavica, Nino	23	Papac, Manda	84
Kuba, Michael	118	Pavičić-Hamer, Dijana	68, 70, 129
Kulić, Tin	64, 66, 74	Pečar Ilić, Jadranka	48
Kundih, Branko	31	Pećarević, Marijana	64, 66, 74
Kurtović Mrčelić, Jelena	55	Pelikan, Jadranka	70, 129
Kuzmić, Josipa	102	Peranić Mehanović, Tea	66
Labura, Hrvoje	129	Petricioli, Donat	92, 96, 106,
Linke, Nikolas	118	125, 134	
Lončar, Goran	64, 74	Petricioli, Lucija	120
Lončarić, Robert	62	Petrović, Vedrana	23
Lovrinčević, Jasna	108	Pikelj, Kristina	27, 70, 112, 114
Lučić, Davor	15, 122	Pranić, Petra	13, 72
Lučin, Ivana	76, 78	Privileggio, Luca	68, 129
Lumpp, Felix	118	Purgar, Marija	48
Ljubešić, Zrinka	104	Radetić, Ivan	68, 70
Ljubičić, Gorana	23	Radišić, Maja	17
Mandić, Nela	54	Radočaj, Tena	60
Marcuš, Marijan	58	Radun, Branimir	55
Marguš, Marija	92, 94, 96, 98, 104	Raos, Rita	25
Marić Pfannkuchen, Daniela	64	Redžović, Zuzana	60
Marn, Nina	48, 131	Roblegg, Eva	58
Marušić, Katarina	58	Rubinić, Josip	17
Maškarić, Karlo	64, 74	Ružić, Igor	19, 23
Mateša, Sarah	92, 94, 102	Selmani, Atiđa	58
Matijaković Mlinarić, Nives	58	Simakov, Oleg	118
Maurić Maljković, Maja	68, 70, 129	Simonović, Niki	15, 92, 98
Metternich, Rouven	118	Slany, Wolfgang	118

Smodlaka Tanković, Mirta	70
Stanić, Ivana	58
Sučić, Neven	66
Sudulić, Ilenia	50
Suman, Daniele	129
Supić, Nastjenjka	15
Šarić, Mirna	54
Šarić, Tomislav	127
Šariri, Sara	60
Šebalj, Valentina	127
Šestani, Gabrijela	80
Škalic, Denis	64
Špeh, Natalija	62
Tadić, Andrea	19, 23
Tanković, Nikola	129
Telišman Prtenjak, Maja	102
Terzić, Senka	104
Tičina, Vjekoslav	44
Tkalčić, Vladimir	118
Tojčić, Iva	72
Tomašić, Nenad	58
Tucakovic, Ivana	94
Turković, Davorka	52
Uroš, Jelena	82
Valić, Damir	60
Vidović, Kristijan	94, 100
Viher, Mladen	33
Vilibić, Ivica	13, 72
Violić, Ivana	122
Vukić Lušić, Darija	64, 66
Vurnek, Marija	120
Wagner, Maximilian	118
Wipplinger, Helmut	118
Wörheide, Gert	118
Zagon, Pauline	118
Zuanović, Petar	127
Zubak Čižmek, Ivana	25
Župan, Ivan	127



SUORGANIZATORI:



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
UNIVERSITY OF ZAGREB
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING



Sveučilište
u Rijeci
Građevinski
fakultet



**PRIRODOSLOVNI
MUZEJ RIJEKA**
NATURAL HISTORY
MUSEUM RIJEKA
Primorsko-goranska županija
County of Primorje and Gorski kotar

Af



Sveučilište u Zagrebu
Arhitektonski fakultet

Natura Jadera

MareMundi
save our seas

ponikve.krak
EKO OTOK KRK

Primorsko-goranska županija
Priroda
Javna ustanova
za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode

POTPORA SKUPU:

