



Funded by  
the European Union



The Digital Blue Carrier for a Post-Carbon Future - Curriculum Innovations in Aquaculture [DiBluCa]

2023-1-LT01-KA220-HED-000154247

# ODABIR SUSTAVA PROTIV GLOBALNOG ZATOPLJENJA U AKVAKULTURI

## AUTOR

izv. prof. dr. sc. Dimitris Klaoudatos, Sveučilište u Tesaliji (UTH)

## STRUKTURA ZA RAZVOJ NASTAVNOG PLANA I PROGRAMA MODULA

### RAZLOG ZA MODUL

Akvakultura se pojavila kao jedan od najbrže rastućih sektora proizvodnje hrane na svijetu, igrajući ključnu ulogu u zadovoljavanju prehrambenih potreba rastuće ljudske populacije. Međutim, ova vitalna industrija suočava se s neviđenim izazovima zbog globalnog zatopljenja i klimatskih promjena. Rastuće temperature, zakiseljavanje oceana, promjene u salinitetu i širenje patogena iz temelja preoblikuju vodene ekosustave, prijeteci ne samo ekonomskoj održivosti operacija akvakulture, već i globalnoj sigurnosti hrane i naporima za očuvanje bioraznolikosti. Ove promjene u okolišu zahtijevaju inovativne pristupe dizajnu i upravljanju sustavima akvakulture kako bi se osigurao kontinuirani doprinos industrije održivoj proizvodnji hrane.

Učinci klimatskih promjena na akvakulturu višestruki su i sve ozbiljniji. Toplinski stres utječe na brzinu metabolizma, rast i razmnožavanje uzgajanih vrsta, dok zagrijavanje voda stvara povoljne uvjete za štetno cvjetanje algi koje iscrpljuje razinu kisika. Zakiseljavanje oceana smanjuje dostupnost karbonatnih iona potrebnih školjkama i drugim kalcificirajućim organizmima da izgrade svoje školjke i kosture, što predstavlja posebne izazove za industriju školjakaša. Osim toga, promjene u obrascima saliniteta uzrokovane otapanjem ledenih kapa i promijenjenim oborinama narušavaju geografsku rasprostranjenost vrsta akvakulture. Proliferacija bolesti predstavlja još jedan kritičan izazov jer više temperature ubrzavaju životne cikluse mnogih patogena i parazita, a istovremeno slabe imunološki sustav vodenih organizama, što dovodi do znatnih ekonomskih gubitaka u cijelom sektoru.

Ovaj modul usmjeren je na razvoj znanja i vještina potrebnih za odabir i implementaciju sustava akvakulture otpornih na klimatske promjene koji mogu izdržati ove izazove. Istraživanjem inovativnih pristupa kao što su recirkulacijski sustavi akvakulture (RAS), integrirana multitrofična akvakultura (IMTA) i akvakultura na moru, modul pruža sveobuhvatne strategije za povećanje produktivnosti uz smanjenje ekološkog otiska. Studenti će steći uvid u kritične kriterije za odabir sustava, uključujući otpornost na temperaturne fluktuacije, ublažavanje eutrofikacije, kontrolu patogena, energetske učinkovitost i prilagodljivost promjenama saliniteta. Osim toga, modul se bavi bitnim političkim i ekonomskim razmatranjima potrebnim za podršku tranziciji industrije prema održivijim praksama, opremajući sudionike holističkim razumijevanjem potrebnim za smisleni doprinos budućnosti klimatski prilagodljive akvakulture.

### RASPON ZADATKA

Sljedeće aktivnosti poučavanja i učenja mogu se prilagoditi i koristiti:

#### **Analiza studije slučaja**

- **Analiza malih grupa:** Studenti analiziraju stvarne studije slučaja operacija akvakulture pogođenih klimatskim promjenama, identificirajući ranjivosti i predlažući strategije prilagodbe.



Funded by  
the European Union



## Digitalni plavi nositelj za budućnost nakon ugljika - inovacije kurikuluma u akvakulturi [DiBluCa]"

2023-1-LT01-KA220-HED-000154247

- **Usporedna procjena:** Usporediti tradicionalne sustave akvakulture s alternativama otpornima na klimatske promjene (RAS, IMTA, offshore) u specifičnim geografskim kontekstima.
- **Analiza kvarova:** Ispitati dokumentirane kvarove sustava akvakulture zbog klimatskih utjecaja i razviti preventivne mjere.

### Projekti tehničkog dizajna

- **Izazov dizajna sustava:** Studenti dizajniraju klimatski otporan sustav akvakulture za određenu vrstu i lokaciju, uzimajući u obzir lokalne klimatske projekcije.
- **Adaptivna naknadna oprema:** Razviti planove za naknadnu ugradnju postojećih objekata akvakulture kako bi se poboljšala otpornost na klimatske promjene.
- **Optimizacija energetske učinkovitosti:** Stvoriti strategije za smanjenje ugljičnog otiska RAS-a integracijom obnovljive energije.

### Terenski posjeti i praktična iskustva

- **Posjeti lokacijama:** Organizirati posjete lokalnim akvakulturnim objektima koji primjenjuju tehnologije prilagodljive klimatskim promjenama.
- **Virtualne šetnje:** Organizirati virtualne obilaske međunarodnih primjernih objekata kada fizički posjeti nisu mogući.
- **Vježba praćenja:** Provođenje praćenja kvalitete vode u konvencionalnim operacijama akvakulture otpornim na klimatske promjene za usporednu analizu.

### Stručni angažman

- **Gostujuća predavanja:** Pozvati praktičare iz industrije, istraživače i kreatore politika da podijele uvide u akvakulturu otpornu na klimatske promjene.
- **Panel rasprave:** Organizirati panele s različitim dionicima koji raspravljaju o izazovima i mogućnostima u prilagodbi akvakulture klimatskim promjenama.
- **Intervjui:** Studenti provode strukturirane intervjuje sa stručnjacima za akvakulturu o strategijama prilagodbe klimatskim promjenama.

### Analiza i razvoj politika

- **Razvoj sažetka politike:** Studenti izrađuju sažetke politika zagovarajući posebne regulatorne mjere za podršku akvakulturi otpornoj na klimatske promjene.
- **Analiza regulatornog okvira:** Analizirati postojeće propise o akvakulturi iz perspektive otpornosti na klimatske promjene.
- **Mapiranje dionika:** Identificirati ključne dionike u sektoru akvakulture i njihove uloge u promicanju praksi otpornih na klimatske promjene.

### Zajedničko rješavanje problema

- **Hackathon:** Organizirati hackathon akvakulture otporan na klimatske promjene u kojem interdisciplinarni timovi razvijaju inovativna rješenja.
- **Radionica planiranja scenarija:** Olakšati radionice na kojima studenti razvijaju strategije odgovora za različite scenarije utjecaja na klimu.
- **Simulacija pregovora dionika:** Vježbe igranja uloga koje simuliraju pregovore između poljoprivrednika, regulatora, potrošača i ekoloških skupina.

### Pregled istraživanja i literature

- **Sustavni pregled literature:** Studenti provode preglede specifičnih aspekata tehnologija akvakulture otpornih na klimatske promjene.
- **Izrada prijedloga istraživanja:** Razviti istraživačke prijedloge koji se bave utvrđenim nedostacima u znanju u akvakulturi otpornoj na klimatske promjene.
- **Skeniranje tehnološkog horizonta:** Istražiti nove tehnologije s potencijalnim primjenama u klimatski prilagodljivoj akvakulturi.

### Komunikacija i informiranje



Funded by  
the European Union



## Digitalni plavi nositelj za budućnost nakon ugljika - inovacije kurikuluma u akvakulturi [DiBluCa]"

2023-1-LT01-KA220-HED-000154247

- **Kampanja za podizanje svijesti javnosti:** Osmisliti kampanje za edukaciju potrošača o važnosti potpore akvakulturi otpornoj na klimatske promjene.
- **Prijevod znanja:** Razviti pojednostavljene vodiče za male poljoprivrednike o provedbi praksi otpornih na klimatske promjene.
- **Multimedijska produkcija:** Izraditi obrazovne videozapise ili podcaste koji objašnjavaju klimatske utjecaje na akvakulturu i strategije prilagodbe.

### Aktivnosti procjene i evaluacije

- **Matrica za evaluaciju sustava:** Razviti kriterije i sustave bodovanja za procjenu otpornosti različitih sustava akvakulture na klimatske promjene.
- **Recenzija:** Studenti pregledavaju i daju povratne informacije jedni drugima o dizajnu sustava otpornih na klimatske promjene.
- **Razvoj portfelja:** Sastaviti portfelj strategija prilagodbe klimatskim promjenama za različite kontekste akvakulture.

## ISHODI UČENJA

Nakon uspješnog završetka ovog modula studenti će moći:

### Znanje i razumijevanje

1. Objasniti glavne utjecaje klimatskih promjena na različite sustave akvakulture, uključujući toplinski stres, zakiseljavanje oceana, širenje bolesti i promjene saliniteta.
2. Identificirati i opisati ključne tehnologije i pristupe za akvakulturu otpornu na klimatske promjene, uključujući recirkulacijske sustave akvakulture (RAS), integriranu multitrofičku akvakulturu (IMTA) i offshore akvakulturu.
3. Razumjeti okolišne, ekonomske i društvene dimenzije prijelaza na klimatski prilagodljive sustave akvakulture.
4. Prepoznati političke okvire i regulatorne mehanizme koji mogu podržati usvajanje praksi akvakulture otpornih na klimatske promjene.

### Analitičke i kritičke vještine

5. Procijeniti relativne prednosti i ograničenja različitih sustava akvakulture u smislu njihove otpornosti na specifične učinke klimatskih promjena.
6. Analizirati ekonomsku održivost i isplativost implementacije tehnologija otpornih na klimatske promjene u različitim kontekstima i razmjerima.
7. Kritički procijeniti postojeće operacije akvakulture za klimatske ranjivosti i identificirati odgovarajuće strategije prilagodbe.
8. Protumačiti znanstvene podatke povezane s utjecajem klimatskih promjena na vodene ekosustave i primijeniti to znanje na dizajn sustava akvakulture.

### Praktične i profesionalne vještine

9. Osmisliti sustave akvakulture otporne na klimatske promjene koji se bave specifičnim ekološkim izazovima za odabrane vrste i lokacije.
10. Primijeniti odgovarajuće metodologije za praćenje i evaluaciju učinkovitosti sustava akvakulture u promjenjivim uvjetima okoliša.
11. Razviti strategije za integraciju rješenja za obnovljivu energiju kako bi se smanjio ugljični otisak energetske intenzivnih sustava akvakulture.
12. Formulirati protokole biološke sigurnosti za upravljanje povećanim rizicima od bolesti povezanih s klimatskim promjenama.

### Prenosive vještine

13. Učinkovito prenositi tehničke informacije o akvakulturi otpornoj na klimatske promjene različitim dionicima, uključujući poljoprivrednike, kreatore politika i potrošače.



Funded by  
the European Union



## Digitalni plavi nositelj za budućnost nakon ugljika - inovacije kurikuluma u akvakulturi [DiBluCa]"

2023-1-LT01-KA220-HED-000154247

14. Suradivati s interdisciplinarnim timovima na razvoju integriranih rješenja za održivu akvakulturu u promjenjivoj klimi.
15. Upotrijebite sistemsko razmišljanje za rješavanje složenih izazova na sjecištu proizvodnje hrane, održivosti okoliša i prilagodbe klimatskim promjenama.
16. Razviti preporuke utemeljene na dokazima za poboljšanje otpornosti akvakulturnih operacija na klimatske promjene na različitim razinama.

### SADRŽAJ MODULA

#### Cjelina 1: Uvod u klimatske promjene i akvakulturu

- 1.1. Globalni sektor akvakulture: trenutno stanje i važnost za sigurnost opskrbe hranom
- 1.2. Znanost o klimatskim promjenama: ključna načela i projekcije
- 1.3. Primarni učinci klimatskih promjena koji utječu na sustave akvakulture
- 1.4. Okviri za procjenu osjetljivosti za operacije akvakulture
- 1.5. Uvod u koncepte otpornosti u sustavima proizvodnje hrane

#### Cjelina 2: Izazovi izazvani klimatskim promjenama u akvakulturi

- 2.1 Toplinski stres: utjecaj na metabolizam, rast i reprodukciju
- 2.2 Zakiseljavanje oceana: učinci na kalcificirajuće organizme i rane životne faze
- 2.3 Eutrofikacija i hipoksija: uzroci, posljedice i trendovi
- 2.4 Proliferacija bolesti: dinamika patogena posredovana klimom
- 2.5. Promjene saliniteta: utjecaj na rasprostranjenost i fiziologiju vrsta
- 2.6. Ekstremni vremenski uvjeti: operativni i infrastrukturni rizici

#### Cjelina 3: Kriteriji ocjenjivanja za sustave otporne na klimatske promjene

- 3.1. Pokazatelji otpornosti i metodologije procjene
- 3.2. Strategije upravljanja temperaturom i toplinske otpornosti
- 3.3 Upravljanje kvalitetom vode u promjenjivim uvjetima
- 3.4 Kontrola patogena i biosigurnost u okruženju koje se zagrijava
- 3.5. Razmatranja energetske učinkovitosti i ugljičnog otiska
- 3.6. Ekonomska održivost i procjena rizika pri odabiru sustava

#### Cjelina 4: Recirkulacijski sustavi akvakulture (RAS)

- 4.1 Principi i komponente RAS-a: sustavi za obradu vode, filtraciju i kontrolu
- 4.2. Prednosti zatvorenih sustava u pogledu otpornosti na klimatske promjene
- 4.3 Energetski zahtjevi i strategije optimizacije
- 4.4. Upravljanje kvalitetom vode u RAS-u pod klimatskim stresom
- 4.5 Odabir vrsta i performanse u RAS-u
- 4.6. Ekonomska razmatranja i izazovi skaliranja

#### Cjelina 5: Integrirana multitrofička akvakultura (IMTA)

- 5.1 Ekološki principi IMTA-e: kruženje hranjivih tvari i interakcije vrsta
- 5.2. Razmatranja dizajna IMTA sustava otpornih na klimatske promjene
- 5.3 Odabir vrsta i kompatibilnost u promjenjivim okruženjima
- 5.4 Upravljanje hranjivim tvarima i ublažavanje eutrofikacije
- 5.5. Ekonomska diversifikacija i smanjenje rizika putem IMTA-e
- 5.6 Studije slučaja uspješne implementacije IMTA-e

#### Cjelina 6: Akvakultura na moru i otvorenom oceanu

- 6.1 Karakteristike i prednosti offshore okruženja
- 6.2. Inženjerski izazovi i infrastrukturni zahtjevi
- 6.3 Odabir vrsta za uzgoj na moru
- 6.4 Nadzor i upravljanje na udaljenim lokacijama



Funded by  
the European Union



## Digitalni plavi nositelj za budućnost nakon ugljika - inovacije kurikuluma u akvakulturi [DiBluCa]"

2023-1-LT01-KA220-HED-000154247

- 6.5. Utjecaji na okoliš i interakcije ekosustava
- 6.6. Ekonomska održivost i operativna logistika

### Cjelina 7: Tehnologije u nastajanju i inovativni pristupi

- 7.1. Akvakultura morskih algi kao strategija otporna na klimatske promjene
- 7.2. Pametne tehnologije akvakulture: IoT, umjetna inteligencija i daljinsko istraživanje
- 7.3. Selektivni uzgoj osobina otpornih na klimatske promjene
- 7.4. Biofloc tehnologija i pristupi temeljeni na ekosustavu
- 7.5. Precizna akvakultura i upravljanje temeljeno na podacima
- 7.6. Kopnena akvaponija i sustavi kontroliranog okoliša

### Cjelina 8: Energetska rješenja za održivu akvakulturu

- 8.1. Energetska potreba različitih sustava akvakulture
- 8.2. Integracija obnovljivih izvora energije: solarna, vjetroelektrana i hidroenergija
- 8.3. Rješenja za proizvodnju energije iz otpada za akvakulturu
- 8.4. Strategije skladištenja energije i neovisnosti o mreži
- 8.5. Povrat topline i poboljšanja toplinske učinkovitosti
- 8.6. Procjena i strategije smanjenja ugljičnog otiska

### Cjelina 9: Politički i ekonomski okviri

- 9.1. Regulatorni pristupi kojima se podupire akvakultura otporna na klimatske promjene
- 9.2. Mehanizmi poticaja i financijski instrumenti
- 9.3. Programi certificiranja i tržišno utemeljeni pristupi
- 9.4. Mehanizmi osiguranja i prijenosa rizika
- 9.5. Javno-privatna partnerstva za inovacije i usvajanje
- 9.6. Međunarodna suradnja i prijenos znanja

### Cjelina 10: Provedba i budućí smjerovi

- 10.1. Izrada planova prilagodbe za postojeće operacije
- 10.2. Skaliranje izazova i rješenja za male proizvođače
- 10.3. Svijest potrošača i razvoj tržišta
- 10.4. Nedostaci u znanju i istraživački prioriteti
- 10.5. Uključivanje otpornosti na klimatske promjene u obrazovanje i osposobljavanje u akvakulturi
- 10.6. Budućí scenariji i dugoročne strategije održivosti

## MODUL UKLJUČUJE

Modul uključuje sljedeće ključne odjeljke i teme:

### 1. Uvod:

- Pregled utjecaja globalnog zatopljenja na vodene ekosustave i akvakulturu.
- Važnost usvajanja otpornih sustava za rješavanje izazova kao što su porast temperatura, iscrpljivanje kisika i povećana prevalencija bolesti.
- Uloga održivih praksi akvakulture u ublažavanju utjecaja klimatskih promjena.

### 2. Utjecaj globalnog zatopljenja na sustave akvakulture:

- **Toplinski stres:** Učinci porasta temperature vode na brzinu metabolizma, potrebu za kisikom i stopu smrtnosti kod vodenih vrsta.
- **Eutrofikacija i hipoksija:** Opterećenje hranjivim tvarima, štetno cvjetanje algi (HAB) i stvaranje hipoksičnih zona.
- **Proliferacija bolesti:** Povećani rizik od patogena i parazita zbog viših temperatura.
- **Zakiseljavanje oceana:** Smanjena dostupnost karbonatnih iona koji utječu na školjke i druge kalcificirajuće organizme.





- **Promjene u salinitetu:** Promjene u razinama saliniteta koje utječu na distribuciju i produktivnost vrsta akvakulture.
- 3. **Ključni kriteriji za odabir sustava:**
  - **Otpornost na temperaturne fluktuacije:** Važnost sustava kao što su recirkulacijski sustavi akvakulture (RAS) za preciznu kontrolu temperature.
  - **Ublažavanje eutrofikacije:** Uloga integrirane multitrofičke akvakulture (IMTA) u upravljanju hranjivim tvarima.
  - **Kontrola patogena:** Napredne strategije za kontrolu patogena, uključujući biosigurne sustave i UV sterilizaciju.
  - **Energetska učinkovitost i smanjenje ugljičnog otiska:** Integracija obnovljivih izvora energije i učinkovitih tehnologija.
  - **Prilagodljivost fluktuacijama saliniteta:** Davanje prioriteta eurihalnim vrstama i selektivnom uzgoju za toleranciju na salinitet.
  - **Ekonomska održivost i skalabilnost:** Rješavanje visokih početnih troškova mehanizmima podjele troškova i ekonomijom razmjera.
- 4. **Inovativni sustavi za rješavanje klimatskih izazova:**
  - **Akvakultura na moru:** Prednosti stabilnog dubokomorskog okruženja.
  - **Recirkulacijski sustavi akvakulture (RAS):** Precizna kontrola okoliša i smanjena potrošnja vode.
  - **Integrirana multitrofična akvakultura (IMTA):** recikliranje hranjivih tvari i stabilnost ekosustava.
  - **Akvakultura morskih algi:** Koristi za okoliš i sekvestracija ugljika.
  - **Pametne tehnologije akvakulture:** Korištenje umjetne inteligencije, IoT-a i daljinskog istraživanja za praćenje u stvarnom vremenu i operativnu učinkovitost.
- 5. **Politika i ekonomska razmatranja:**
  - **Regulatorna podrška:** Vladini poticaji i politike za promicanje održivih tehnologija.
  - **Ekonomska izvedivost:** Analiza troškova i koristi i programi financijske pomoći.
  - **Međunarodna suradnja:** Globalne istraživačke inicijative i platforme za razmjenu znanja.
  - **Dinamika tržišta i svijest potrošača:** Uloga programa certificiranja i potražnja potrošača za održivim proizvodima iz mora.
  - **Mehanizmi za ublažavanje rizika i osiguranje:** proizvodi osiguranja i alati za procjenu rizika povezanih s klimom.
- 6. **Zaključak:**
  - Sažetak potrebe za strateškim odabirom sustava i održivim praksama.
  - Naglasak na važnosti usvajanja inovativnih sustava kao što su RAS, IMTA i offshore akvakultura.
  - Poziv na sveobuhvatne političke okvire, financijske poticaje i međunarodnu suradnju.
  - Važnost svijesti potrošača i tržišne potražnje za održivim plodovima mora.
  - Budući prioriteti istraživanja i razvoja.
- 7. **Izvori:**
  - Opsežan popis akademskih i industrijskih referenci citiranih tijekom modula.

Modul pruža detaljno ispitivanje učinaka klimatskih promjena na sustave akvakulture i istražuje inovativna rješenja i strategije za poboljšanje održivosti i otpornosti u sektoru.

#### PREPORUČENA I/ILI OBAVEZNA LITERATURA

##### Obavezna literatura:



Funded by  
the European Union



## Digitalni plavi nositelj za budućnost nakon ugljika - inovacije kurikuluma u akvakulturi [DiBluCa]"

2023-1-LT01-KA220-HED-000154247

### 1. Klimatske promjene i akvakultura:

- **Boyd, CE i McNevin, AA (2015).** *Aquaculture, Resource Use, and the Environment*. John Wiley & Sons.
  - Ova knjiga pruža sveobuhvatan pregled utjecaja akvakulture na okoliš i uloge upravljanja resursima u održivosti.
- **Handisyde, N. T., Ross, L. G., Badjeck, MC i Allison, E. H. (2006).** *The Effects of Climate Change on World Aquaculture: A Global Perspective*. DFID, Stirling.
  - Detaljno izvješće o tome kako klimatske promjene utječu na globalne sustave akvakulture i potencijalne strategije prilagodbe.

### 2. Održivi sustavi akvakulture:

- **Martins, C. I., et al. (2010).** *New Developments in Recirculating Aquaculture Systems in Europe: A Perspective on Environmental Sustainability*. *Aquacultural Engineering*, 43(3), 83-93.
  - Istražuje ekološke prednosti i izazove recirkulacijskih sustava akvakulture (RAS).
- **Troell, M., et al. (2003).** *Integrated Mariculture: Asking the Right Questions*. *Aquaculture*, 226(1-4), 69-90.
  - Raspravlja o načelima i prednostima integrirane multitrofičke akvakulture (IMTA).

### 3. Zakiseljavanje oceana i njegovi utjecaji:

- **Cooley, SR, et al. (2009).** *Ocean Acidification's Potential to Alter Global Seafood Supply*. *Oceanography*, 22(4), 172-181.
  - Ispituje učinke zakiseljavanja oceana na školjke i druge morske vrste ključne za akvakulturu.

### 4. Kontrola bolesti i patogena:

- **Bondad-Reantaso, MG, et al. (2005).** *Disease and Health Management in Asian Aquaculture*. *Veterinary Parasitology*, 132(3-4), 249-272.
  - Usredotočuje se na strategije upravljanja bolestima u akvakulturi, posebno u kontekstu klimatskih promjena.

### 5. Politika i ekonomska razmatranja:

- **FAO. (2020).** *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020: Sustainability in Action*. Rome
  - Pruža globalni pregled stanja ribarstva i akvakulture, uključujući preporuke politika za održivost.

## Preporučena literatura:

### 1. Inovativni sustavi akvakulture:

- **Badiola, M., Mendiola, D., & Bostock, J. (2012).** *Recirculating Aquaculture Systems (RAS) Analysis: Main Issues on Management and Future Challenges*. *Aquacultural Engineering*, 51, 26-35.
- **Pereira, R., Yarish, C., & Critchley, A. T. (2024).** *Seaweed Aquaculture for Human Foods in Land-Based and IMTA Systems*. In *Applications of Seaweeds in Food and Nutrition* (pp. 77-99). Elsevier.
  - Istražuje ulogu akvakulture morskih algi u održivoj proizvodnji hrane i kruženju hranjivih tvari.

### 2. Otpornost na klimatske promjene i prilagodba klimatskim promjenama:

- **Froehlich, H. E., Gentry, R. R., & Halpern, B. S. (2018).** *Global Change in Marine Aquaculture Production Potential Under Climate Change*. *Nature Ecology & Evolution*, 2(11), 1745-1750.



Funded by  
the European Union



## Digitalni plavi nositelj za budućnost nakon ugljika - inovacije kurikuluma u akvakulturi [DiBluCa]"

2023-1-LT01-KA220-HED-000154247

- Raspravlja o tome kako klimatske promjene utječu na potencijal proizvodnje morske akvakulture na globalnoj razini.
- Allison, E. H., et al. (2009). *Vulnerability of National Economies to the Impacts of Climate Change on Fisheries*. Fish and Fisheries, 10(2), 173-196.
  - Ispituje se gospodarska osjetljivost ribarstva i akvakulture na klimatske promjene.
- 3. **Kontrola patogena i biosigurnost:**
  - Aly, S. M., & Fathi, M. (2024). *Advancing Aquaculture Biosecurity: A Scientometric Analysis and Future Outlook for Disease Prevention and Environmental Sustainability*. Aquaculture International, 32(7), 8763-8789.
    - Analiza mjera biosigurnosti u akvakulturi usmjerena na budućnost.
- 4. **Energetska učinkovitost i obnovljivi izvori energije u akvakulturi:**
  - Manolache, A. I., & Andrei, G. (2024). *A Comprehensive Review of Multi-Use Platforms for Renewable Energy and Aquaculture Integration*. Energies, 17(19), 4816.
    - Istražuje integraciju obnovljivih izvora energije sa sustavima akvakulture.
- 5. **Dinamika tržišta i svijest potrošača:**
  - Bush, S. R., et al. (2013). *Certify Sustainable Aquaculture?* Science, 341(6150), 1067-1068.
    - Raspravlja o ulozi programa certificiranja u promicanju održivih praksi akvakulture.
  - Potts, J., et al. (2021). *State of Sustainability Initiatives Review: Standards and the Blue Economy*. International Institute for Sustainable Development.
    - Pruža uvid u inicijative održivosti i njihov utjecaj na industriju akvakulture.
- 6. **Studije slučaja i regionalne perspektive:**
  - Rahman, M. L., Shahjahan, M., & Ahmed, N. (2021). *Tilapia Farming in Bangladesh: Adaptation to Climate Change*. Sustainability, 13(14), 7657.
    - Studija slučaja o tome kako se prakse akvakulture prilagođavaju klimatskim promjenama u Bangladešu.
  - Nielsen, R., Ankamah-Yeboah, I., & Llorente, I. (2021). *Technical Efficiency and Environmental Impact of Seabream and Seabass Farms*. Aquaculture Economics & Management, 25(1), 106-125.
    - Ispituje ekološku i ekonomsku učinkovitost uzgoja orade i brancina.
- 7. **Tehnologije u nastajanju:**
  - Føre, M., et al. (2018). *Precision Fish Farming: A New Framework to Improve Production in Aquaculture*. Biosystems Engineering, 173, 176-193.
    - Istražuje upotrebu digitalnih tehnologija kao što su umjetna inteligencija i internet stvari u akvakulturi.

### FORMAT OCJENJIVANJA

#### 1. Pitanja s višestrukim izborom odgovora

**Svrha:** Testiranje temeljnog znanja i razumijevanja ključnih koncepata.

**Težina:** 20%

#### Primjeri pitanja:

1. Koji je primarni uzrok zakiseljavanja oceana?
2. a) Povećano otjecanje dušika
3. b) Porast razine CO<sub>2</sub> u atmosferi





Funded by  
the European Union



## Digitalni plavi nositelj za budućnost nakon ugljika - inovacije kurikuluma u akvakulturi [DiBluCa]"

2023-1-LT01-KA220-HED-000154247

4. c) Prekomjerni izlov
5. d) Toplinsko onečišćenje
6. Što je od sljedećeg prednost integrirane multitrofičke akvakulture (IMTA)?
7. a) Povećano oslanjanje na vanjske izvore vode
8. b) Poboljšano kruženje hranjivih tvari
9. c) Veća potrošnja energije
10. d) Smanjena biološka raznolikost
11. Koji sustav omogućuje preciznu kontrolu okoliša za vrste akvakulture?
12. a) Offshore akvakultura
13. b) Recirkulacijski sustavi akvakulture (RAS)
14. c) Uzgoj morskih algi
15. d) Tradicionalni sustavi ribnjaka

### 2. Pitanja s kratkim odgovorom

**Svrha:** Procijeniti razumijevanje ključnih pojmova i sposobnost njihovog sažetog objašnjenja.

**Težina:** 30%

**Primjeri pitanja:**

1. Objasnite kako porast temperature vode utječe na brzinu metabolizma riba u sustavima akvakulture.
2. Opišite dva načina na koje zakiseljavanje oceana utječe na uzgoj školjkaša.
3. Koje su glavne prednosti recirkulacijskih sustava akvakulture (RAS) u odnosu na tradicionalne sustave?

### 3. Analiza studije slučaja

**Svrha:** Procijeniti sposobnost primjene teorijskog znanja na scenarije iz stvarnog svijeta.

**Težina:** 25%

**Primjer studije slučaja:**

- **Scenarij:** Farma kozica u jugoistočnoj Aziji doživljava povećane epidemije bolesti zbog porasta temperature mora. Farma razmatra usvajanje recirkulacijskih sustava akvakulture (RAS) kako bi ublažila ove probleme.
- **Pitanja:**
  1. Koje su potencijalne prednosti RAS-a za ovu farmu?
  2. S kojim bi se izazovima farma mogla suočiti pri prelasku na RAS?
  3. Predložite dvije dodatne strategije koje bi farma mogla usvojiti kako bi poboljšala kontrolu bolesti.

### 4. Pitanja za esej

**Svrha:** Procijeniti kritičko razmišljanje, dubinu razumijevanja i sposobnost sinteze informacija.

**Težina:** 25%

**Primjeri pitanja:**

1. Raspraviti o ulozi integrirane multitrofičke akvakulture (IMTA) u promicanju održivosti u sektoru akvakulture. Navedite primjere koji potkrepljuju vaš odgovor.
2. Analizirati ekonomske i ekološke izazove usvajanja sustava akvakulture na moru. Kako se ti izazovi mogu riješiti?
3. Procijeniti potencijal pametnih tehnologija akvakulture (npr. AI, IoT) u poboljšanju otpornosti sustava akvakulture na klimatske promjene.



Funded by  
the European Union



## Digitalni plavi nositelj za budućnost nakon ugljika - inovacije kurikula u akvakulturi [DiBluCa]"

2023-1-LT01-KA220-HED-000154247

### 5. Praktična primjena ili projekt

**Svrha:** Procijeniti sposobnost dizajniranja i predlaganja rješenja za probleme iz stvarnog svijeta.

**Težina:** 30%

**Primjer projekta:**

- **Zadatak:** Dizajnirati sustav akvakulture otporan na klimatske promjene za obalnu regiju koja se suočava s porastom temperatura, fluktuacijama saliniteta i povećanim izbijanjem bolesti.
- **Rezultati:**
  1. Pisano izvješće u kojem se opisuje dizajn sustava, uključujući:
    - Vrsta sustava (npr. RAS, IMTA, odobalna akvakultura).
    - Odabir i opravdanje vrsta.
    - Strategije za ublažavanje rizika povezanih s klimom (npr. kontrola temperature, upravljanje bolestima).
  2. Prezentacija (5-10 minuta) koja sažima ključne značajke predloženog sustava.

### 6. Grupna rasprava ili debata

**Svrha:** Potaknite suradničko učenje i kritičko razmišljanje.

**Težina:** 10%

**Primjeri tema:**

1. Rasprava: "Je li akvakultura na moru održivo rješenje za širenje globalne proizvodnje morskih organizama?"
2. Rasprava: "Koje su etičke implikacije korištenja genetski modificiranih vrsta u akvakulturi za poboljšanje otpornosti na klimatske promjene?"

### 7. Samorefleksija ili dnevnik

**Svrha:** Potaknite studente da razmisle o svom učenju i povežu ga s problemima iz stvarnog svijeta.

**Težina:** 10%

**Primjeri upita:**

1. Razmislite o tome kako se koncepti naučeni u ovom modulu mogu primijeniti za rješavanje izazova klimatskih promjena u vašoj lokalnoj zajednici.
2. Koje su najznačajnije prepreke usvajanju održivih praksi akvakulture na globalnoj razini i kako ih se može prevladati?

## RIJEČNIK

### A

- **Akvakultura:** Uzgoj vodenih organizama kao što su ribe, školjkaši i morske alge u kontroliranim okruženjima za hranu, očuvanje ili druge svrhe.
- **Vodeni ekosustav:** Okoliš temeljen na vodi u kojem živi organizmi međusobno djeluju i sa svojim fizičkim okruženjem.
- **Zakiseljavanje:** Proces kojim se pH vode smanjuje, čineći je kiselijom. U oceanima je to prvenstveno uzrokovano apsorpcijom atmosferskog CO<sub>2</sub>.

### B

- **Biosigurnost:** mjere poduzete za sprečavanje unošenja i širenja štetnih organizama, kao što su patogeni, u sustave akvakulture.
- **Biofilter:** Sustav filtracije koji koristi žive organizme (npr. bakterije) za razgradnju otpadnih proizvoda u sustavima akvakulture.

### C



Funded by  
the European Union



## Digitalni plavi nositelj za budućnost nakon ugljika - inovacije kurikuluma u akvakulturi [DiBluCa]"

2023-1-LT01-KA220-HED-000154247

- **Ugljični otisak:** Ukupna količina stakleničkih plinova (prvenstveno CO<sub>2</sub>) koju izravno ili neizravno emitira aktivnost, sustav ili proizvod.
- **Sekvestracija ugljika:** Proces hvatanja i skladištenja atmosferskog ugljičnog dioksida, često prirodnim procesima poput uzgoja morskih algi.
- **Zatvoreni recirkulacijski sustavi akvakulture (RAS):** Sustav koji reciklira vodu u kontroliranom okruženju, smanjujući potrošnju vode i minimizirajući utjecaj na okoliš.

### D

- **Mrtve zone:** Područja u vodenom okolišu s iznimno niskom razinom kisika, često uzrokovana eutrofikacijom, gdje većina morskog života ne može preživjeti.
- **Proliferacija bolesti:** Brzo širenje bolesti, često pogoršano višim temperaturama i lošom kvalitetom vode u sustavima akvakulture.

### E

- **Eutrofikacija:** Prekomjerno obogaćivanje vodnih tijela hranjivim tvarima (npr. dušikom i fosforom), što dovodi do cvjetanja algi i iscrpljivanja kisika.
- **Eurihaline vrste:** Organizmi koji mogu tolerirati širok raspon razina saliniteta, što ih čini prilagodljivima promjenjivom okruženju.

### F

- **Hranilice za filtriranje:** Vodeni organizmi, poput školjki, koji se hrane filtriranjem sitnih čestica iz vode, pomažući u poboljšanju kvalitete vode.

### H

- **Štetno cvjetanje algi (HAB):** Brzi rast algi koje proizvode toksine ili iscrpljuju kisik u vodi, šteteći vodenom životu i ljudskom zdravlju.
- **Hipoksija:** Stanje u kojem voda ima nisku razinu otopljenog kisika, često uzrokovano eutrofikacijom ili visokim temperaturama.

### Ja

- **Integrirana multitrofička akvakultura (IMTA):** Održivi sustav akvakulture koji kombinira vrste različitih trofičkih razina (npr. ribe, školjke, morske alge) radi recikliranja hranjivih tvari i smanjenja utjecaja na okoliš.

### M

- **Brzina metabolizma:** Brzina kojom organizam koristi energiju za održavanje osnovnih fizioloških funkcija. Kod riba više temperature mogu povećati brzinu metabolizma, što dovodi do veće potrebe za kisikom.

### N

- **Kruženje hranjivih tvari:** Proces kojim se hranjive tvari recikliraju unutar ekosustava, često poboljšan IMTA sustavima.

### O

- **Zakiseljavanje oceana:** Kontinuirano smanjenje pH oceana, uzrokovano apsorpcijom atmosferskog CO<sub>2</sub>, što utječe na morski život, posebno na kalcificirajuće organizme.
- **Offshore akvakultura:** Sustavi akvakulture smješteni u dubljim vodama, daleko od obale, gdje su okolišni uvjeti stabilniji.

### P

- **Patogen:** Mikroorganizam (npr. bakterija, virus, parazit) koji može uzrokovati bolesti u vodenim organizmima.
- **pH:** Mjera kiselosti ili alkalnosti vode. Niže pH vrijednosti ukazuju na kiseliye uvjete.

### R



Funded by  
the European Union



## Digitalni plavi nositelj za budućnost nakon ugljika - inovacije kurikuluma u akvakulturi [DiBluCa]"

2023-1-LT01-KA220-HED-000154247

- S** • **Recirkulacijski sustavi akvakulture (RAS):** sustavi zatvorene petlje koji recikliraju vodu, omogućujući preciznu kontrolu uvjeta okoliša i smanjujući potrošnju vode.
- **Salinitet:** Koncentracija soli u vodi, što može utjecati na rast i opstanak vodenih vrsta.
- **Akvakultura morskih algi:** Uzgoj morskih algi, koje mogu apsorbirati CO<sub>2</sub> i hranjive tvari, poboljšavajući kvalitetu vode i pružajući održiv izvor hrane.
- **Pametna akvakultura:** Korištenje naprednih tehnologija (npr. AI, IoT, senzori) za praćenje i optimizaciju operacija akvakulture.
- T** • **Toplinski stres:** Stres uzrokovan temperaturama izvan optimalnog raspona za organizam, što dovodi do smanjenog rasta, reprodukcije ili preživljavanja.
- **Trofičke razine:** Položaj organizma u hranidbenom lancu, u rasponu od primarnih proizvođača (npr. morske alge) do vrhunskih grabežljivaca (npr. riba).
- U** • **UV sterilizacija:** Korištenje ultraljubičastog svjetla za ubijanje ili inaktiviranje patogena u vodi, obično se koristi u RAS sustavima.
- V** • **Vibrio spp.:** Skupina bakterija koje uspijevaju u toploj vodi i mogu uzrokovati bolesti u vrstama akvakulture, poput škampa i riba.
- W** • **Kvaliteta vode:** Kemijske, fizičke i biološke karakteristike vode, koje utječu na zdravlje i produktivnost vodenih organizama.

### POVEZNICE NA KORISNE WEB STRANICE

#### Food and Agriculture Organization (FAO)

- **Internetska stranica:** [FAO Fisheries and Aquaculture](#)
- **Opis:** FAO pruža opsežne resurse o globalnom ribarstvu i akvakulturi, uključujući izvješća, statistike i preporuke o politikama. To je ključni izvor za razumijevanje stanja globalne akvakulture i njezinih izazova.
- **Ključni resursi:**
  - *Izvještaji o stanju svjetskog ribarstva i akvakulture (SOFIA).*
  - Tehnički dokumenti o održivim praksama akvakulture.

#### NOAA Fisheries - Aquaculture

- **Internetska stranica:** [NOAA Fisheries - Aquaculture](#)
- **Opis:** Nacionalna uprava za oceane i atmosferu (NOAA) pruža informacije o praksama, istraživanjima i politikama akvakulture u SAD-u, s naglaskom na morsku akvakulturu.
- **Ključni resursi:**
  - Informacije o odobalnoj akvakulturi i održivim praksama.
  - Istraživanje utjecaja klimatskih promjena na morske vrste.

#### The Aquaculture Stewardship Council (ASC)

- **Web stranica:** [ASC - Home](#)
- **Opis:** ASC je globalna organizacija koja postavlja standarde za odgovornu akvakulturu i certificira održive proizvode od morskih plodova.
- **Ključni resursi:**



Funded by  
the European Union



## Digitalni plavi nositelj za budućnost nakon ugljika - inovacije kurikuluma u akvakulturi [DiBluCa]"

2023-1-LT01-KA220-HED-000154247

- Informacije o certificiranju i standardima akvakulture.
- Edukativni materijali o održivim plodovima mora.

### Global Aquaculture Alliance (GAA)

- **Internetska stranica:** [Global Aquaculture Alliance](#)
- **Opis:** GAA promiče odgovorne prakse akvakulture kroz programe obrazovanja, zagovaranja i certificiranja.
- **Ključni resursi:**
  - Informacije o certifikaciji najboljih praksi akvakulture (BAP).
  - Članci i izvješća o inovacijama i održivosti u akvakulturi.

### European Maritime and Fisheries Fund (EMFF)

- **Internetska stranica:** [European Commission - Aquaculture](#)
- **Opis:** Europska komisija osigurava resurse za politike akvakulture, mogućnosti financiranja i održive prakse unutar EU-a.
- **Ključni resursi:**
  - Informacije o strategijama i financiranju akvakulture EU-a.
  - Izvješća o integriranoj multitrofičkoj akvakulturi (IMTA).

### The Ocean Foundation

- **Web stranica:** [The Ocean Foundation](#)
- **Opis:** Neprofitna organizacija usmjerena na očuvanje oceana, uključujući održivu akvakulturu i ublažavanje klimatskih promjena.
- **Ključni resursi:**
  - Istraživanje zakiseljavanja oceana i njegovih utjecaja na akvakulturu.
  - Projekti o uzgoju morskih algi i sekvestraciji ugljika.

### Aquaculture without Frontiers (AwF)

- **Internetska stranica:** [Aquaculture without Frontiers](#)
- **Opis:** Neprofitna organizacija koja podržava održivi razvoj akvakulture u zemljama u razvoju.
- **Ključni resursi:**
  - Studije slučaja o projektima akvakulture u zajednici.
  - Obrazovni resursi o održivim praksama.

### AquaFish Innovation Lab

- **Web stranica:** [AquaFish Innovation Lab](#)
- **Opis:** Istraživački program koji financira USAID, a koji se fokusira na poboljšanje praksi akvakulture u zemljama u razvoju.
- **Ključni resursi:**
  - Istraživačke publikacije o inovacijama u akvakulturi.
  - Materijali za obuku za male uzgajivače akvakulture.

### Climate Change and Aquaculture

- **Internetska stranica:** [IPCC - Climate Change and Oceans](#)





Funded by  
the European Union



## Digitalni plavi nositelj za budućnost nakon ugljika - inovacije kurikuluma u akvakulturi [DiBluCa]"

2023-1-LT01-KA220-HED-000154247

- **Opis:** Međuvladin panel o klimatskim promjenama (IPCC) pruža znanstvene procjene učinaka klimatskih promjena, uključujući one na oceane i akvakulturu.
- **Ključni resursi:**
  - Izvješća o utjecaju klimatskih promjena na morske ekosustave.
  - Podaci o zagrijavanju i zakiseljavanju oceana.

### Aquaculture Research Journals

- **Web stranica:** [Aquaculture Journal](#)
- **Opis:** recenzirani časopis koji objavljuje istraživanja o svim aspektima akvakulture, uključujući održivost, otpornost na klimatske promjene i inovacije.
- **Ključni resursi:**
  - Pristup najnovijim istraživačkim člancima o akvakulturi.
  - Posebna pitanja o klimatskim promjenama i akvakulturi.

### Smart Aquaculture Technologies

- **Web stranica:** [Aqua-Spark - Innovations in Aquaculture](#)
- **Opis:** Aqua-Spark je investicijski fond usmjeren na održivu akvakulturu, s portfeljem inovativnih tehnologija i startupa.
- **Ključni resursi:**
  - Studije slučaja o pametnim tehnologijama akvakulture (npr. AI, IoT).
  - Informacije o novim trendovima u inovacijama u akvakulturi.

### Aquaculture Training and Education

- **Web stranica:** [AquaTT - Aquaculture Training and Education](#)
- **Opis:** AquaTT pruža resurse za obuku i obrazovanje za stručnjake u akvakulturi, s naglaskom na održivost i inovacije.
- **Ključni resursi:**
  - Online tečajevi i radionice o akvakulturi.
  - Mogućnosti umrežavanja sa stručnjacima iz industrije.



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

Ovaj projekt financiran je uz potporu Europske komisije. Ova publikacija odražava samo stavove autora i komisija se ne može smatrati odgovornom za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u njoj.



**Atribut** ovog rada: **Nekomercijalno** — Ne smijete koristiti materijal u komercijalne svrhe. **NoDerivatives** — Ako remiksate, transformirate ili nadograđujete materijal, ne smijete distribuirati modificirani materijal.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



Funded by  
the European Union



Digitalni plavi nositelj za budućnost nakon ugljika - inovacije kurikuluma u akvakulturi [DiBluCa]"

2023-1-LT01-KA220-HED-000154247

## Format nastavnog plana i programa

INFORMACIJE O MODULU	
Naslov modula	ODABIR SUSTAVA PROTIV GLOBALNOG ZATOPLJENJA U AKVAKULTURI
Nastavni sati	50
ECTS	4
Razina EQF-a	5
Jezik modula	engleski, litvanski, turski, hrvatski, ukrajinski, grčki
Nazivi predavanja	izv. prof. dr. sc. Dimitris Klaoudatos
Nadzornik	
OPIS MODULA	
Sadržaj modula	
<p>Sadržaj modula strukturiran je tako da pruži sveobuhvatno razumijevanje sustava akvakulture otpornih na klimatske promjene, usredotočujući se na učinke globalnog zatopljenja, inovativna rješenja i razmatranja politike. Modul započinje <b>Uvodom u akvakulturu i klimatske promjene</b>, gdje studenti uče o ulozi akvakulture u globalnoj sigurnosti hrane i izazovima koje predstavljaju klimatske promjene, kao što su porast temperatura, zakiseljavanje oceana i širenje bolesti. Ovaj odjeljak naglašava razumijevanje potrebe za održivim praksama i podržan je ključnim čitanjima iz Boyd et al. (2022) i Handisyde et al. (2017).</p> <p>Sljedeći odjeljak, <b>Utjecaji globalnog zatopljenja na sustave akvakulture</b>, dublje se bavi specifičnim izazovima povezanim s klimom. Studenti istražuju učinke toplinskog stresa na vodene vrste, ulogu eutrofikacije i hipoksije u stvaranju mrtvih zona te povećane rizike od izbijanja bolesti zbog toplijih voda. Također se ispituje zakiseljavanje oceana i promjene u salinitetu, a studije slučaja poput hipoksične zone u Meksičkom zaljevu i izbijanja <i>Vibrio</i> u uzgoju kozica pružaju kontekst stvarnog svijeta. Ključna čitanja Boyda i McNevina (2015.) te Diaza i Rosenberga (2008.) podržavaju ovaj odjeljak.</p> <p>Modul zatim prelazi na <b>Ključne kriterije za odabir sustava</b>, gdje studenti uče o bitnim čimbenicima za projektiranje sustava akvakulture otpornih na klimatske promjene. Teme uključuju otpornost recirkulacijskih sustava akvakulture (RAS) na temperaturne fluktuacije, ulogu integrirane multitrofičke akvakulture (IMTA) u ublažavanju eutrofikacije i napredne strategije kontrole patogena. Također se raspravlja o energetske učinkovitosti i prilagodljivosti promjenama saliniteta, sa studijama slučaja o RAS-u u norveškom uzgoju lososa i IMTA sustavima u Kanadi. Čitanja Martins et al. (2010) i Pereira et al. (2024) pružaju daljnje uvide.</p> <p>U odjeljku <b>Inovativni sustavi akvakulture</b> studenti istražuju vrhunska rješenja za klimatske izazove. Akvakultura na moru, RAS, IMTA i uzgoj morskih algi ispituju se s obzirom na njihove ekološke i ekonomske koristi. Pametne tehnologije akvakulture, kao što su AI i IoT, također se uvode kao alati za praćenje i optimizaciju u stvarnom vremenu. Studije slučaja o uzgoju orade na moru u Sredozemlju i pametnim sustavima u Norveškoj ilustriraju ove koncepte, potkrijepljene čitanjem Holmera (2010.) i Førea i suradnika (2018.).</p> <p>Posljednji odjeljak, <b>Politika i ekonomska razmatranja</b>, bavi se širim kontekstom održive akvakulture. Studenti uče o regulatornoj podršci za tehnologije otporne na klimatske promjene, ekonomskoj izvedivosti naprednih sustava i važnosti međunarodne suradnje. Također se raspravlja o dinamici tržišta, svijesti potrošača i shemama certificiranja, s primjerima Vijeća za upravljanje akvakulturom (ASC) i drugih inicijativa. Ključna čitanja FAO-a (2020.) i Busha i suradnika (2013.) pružaju dodatni kontekst.</p> <p>Tijekom modula, kombinacija predavanja, studija slučaja, praktičnih aktivnosti i grupnog rada osigurava da studenti steknu i teorijska znanja i praktične vještine. Procjene, uključujući kvizove, ispite i projekte, osmišljene su za procjenu razumijevanja i primjene materijala. Modul završava fokusom na budućnost</p>	



Funded by  
the European Union



## Digitalni plavi nositelj za budućnost nakon ugljika - inovacije kurikuluma u akvakulturi [DiBluCa]"

2023-1-LT01-KA220-HED-000154247

akvakulture, naglašavajući potrebu za kontinuiranim inovacijama i suradnjom kako bi se osigurala otpornost sektora na klimatske promjene.	
<b>Ishodi učenja</b>	
<p>Nakon uspješnog završetka ovog modula studenti će moći:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Pamćenje:</b> Identificirati i opisati ključne utjecaje globalnog zatopljenja na sustave akvakulture, uključujući toplinski stres, zakiseljavanje oceana i širenje bolesti, kao i bitne značajke sustava otpornih na klimatske promjene kao što su RAS i IMTA.</li> <li>• <b>Razumijevanje:</b> Objasniti mehanizme kroz koje klimatske promjene utječu na vodene ekosustave, uključujući promjene temperature vode, saliniteta i ciklusa hranjivih tvari, te kako te promjene utječu na produktivnost i održivost akvakulture.</li> <li>• <b>Primjena:</b> Analizirati studije slučaja i primjere iz stvarnog svijeta kako biste pokazali primjenu inovativnih sustava akvakulture (npr. RAS, IMTA, akvakultura na moru) u ublažavanju utjecaja klimatskih promjena.</li> <li>• <b>Analiza:</b> Usporediti prednosti i ograničenja različitih sustava akvakulture (npr. tradicionalnih naspram sustava otpornih na klimatske promjene) u rješavanju izazova koje predstavlja globalno zatopljenje.</li> <li>• <b>Evalvacija:</b> Kritički procijeniti ekološke, ekonomske i društvene implikacije usvajanja praksi akvakulture otpornih na klimatske promjene i procijeniti učinkovitost političkih okvira i tehnoloških rješenja u promicanju održivosti.</li> <li>• <b>Stvaranje:</b> Osmisliti održive sustave akvakulture ili strategije upravljanja koje uključuju tehnologije i prakse otporne na klimatske promjene za rješavanje specifičnih izazova koje predstavlja globalno zatopljenje, kao što su porast temperatura, fluktuacije saliniteta i izbijanje bolesti.</li> </ul>	
<b>NAČIN IZVEDBE</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> Predavanja i prezentacije <input checked="" type="checkbox"/> Interaktivni seminari i grupne rasprave <input checked="" type="checkbox"/> E-učenje i digitalni resursi	<input checked="" type="checkbox"/> Učenje i procjene temeljene na projektima <input checked="" type="checkbox"/> Formativne i sumativne procjene <input checked="" type="checkbox"/> Gostujuća predavanja <input checked="" type="checkbox"/> Terenski posjeti
<b>METODE PROCJENE</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> Studije slučaja <input checked="" type="checkbox"/> Ispitivanje <input checked="" type="checkbox"/> Testovi s višestrukim izborom odgovora <input checked="" type="checkbox"/> Samoprocjena	<input checked="" type="checkbox"/> Drugi: <input checked="" type="checkbox"/> Rasprave <input checked="" type="checkbox"/> grupne rasprave <input checked="" type="checkbox"/> Prezentacije
<b>LITERATURA</b>	
1.	Badiola, M., Mendiola, D., & Bostock, J. (2012). Recirculating Aquaculture Systems (RAS) analysis: Main issues on management and future challenges. <i>Aquacultural Engineering</i> , 51, 26-35.
2.	Boyd, C. E., & McNevin, A. A. (2015). <i>Aquaculture, Resource Use, and the Environment</i> . John Wiley & Sons.
3.	Boyd, C. E., D'Abramo, L. R., Glencross, B. D., Huyben, D. C., Juarez, L. M., Lockwood, G. S., ... & Valenti, W. C. (2022). <i>Achieving sustainable aquaculture: Historical and current</i>



Funded by  
the European Union



## Digitalni plavi nositelj za budućnost nakon ugljika - inovacije kurikuluma u akvakulturi [DiBluCa]"

2023-1-LT01-KA220-HED-000154247

	perspectives and future needs and challenges. Journal of the World Aquaculture Society, 51(3), 578-633.
4.	Bush, S. R., Belton, B., Hall, D., Vandergeest, P., Murray, F. J., Ponte, S., ... & Kusumawati, R. (2013). Certify sustainable aquaculture? Science, 341(6150), 1067-1068.
5.	Cooley, S. R., et al. (2009). Ocean acidification's potential to alter global seafood supply. Oceanography, 22(4), 172-181.
6.	Diaz, R. J., & Rosenberg, R. (2008). Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. Science, 321(5891), 926-929.
7.	FAO. (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture 2020: Sustainability in Action. Rome.
8.	Føre, M., Frank, K., Norton, T., Svendsen, E., Alfredsen, J. A., Dempster, T., ... & Berckmans, D. (2018). Precision fish farming: A new framework to improve production in aquaculture. Biosystems Engineering, 173, 176-193.
9.	Handisyde, N. T., Ross, L. G., Badjeck, M. C., & Allison, E. H. (2017). The effects of climate change on world aquaculture: A global perspective. Aquaculture and Fish Genetics Research Programme, Stirling Institute of Aquaculture.
10.	Holmer, M. (2010). Environmental issues of fish farming in offshore waters: Perspectives, concerns, and research needs. Aquaculture Environment Interactions, 1(1), 57-70.
11.	Martins, C. I., et al. (2010). New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. Aquacultural Engineering, 43(3), 83-93.
12.	Pereira, R., Yarish, C., & Critchley, A. T. (2024). Seaweed aquaculture for human foods in land-based and IMTA systems. In Applications of Seaweeds in Food and Nutrition (pp. 77-99). Elsevier.
13.	Troell, M., et al. (2003). Integrated mariculture: Asking the right questions. Aquaculture, 226(1-4), 69-90.

### SADRŽAJ MODULA

	Tema/Predmet	Sadržaj/glavne točke
1.	Uvod u akvakulturu i klimatske promjene	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pregled globalne akvakulture i njezine uloge u sigurnosti opskrbe hranom.</li> <li>Ključni izazovi koje predstavljaju klimatske promjene: porast temperatura, zakiseljavanje oceana, širenje bolesti i promjene saliniteta.</li> <li>Važnost održivih praksi akvakulture za dugoročnu otpornost.</li> <li>Uvod u inovativne sustave kao što su RAS, IMTA i offshore akvakultura.</li> </ul>
2.	Utjecaji globalnog zatopljenja na sustave akvakulture	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Toplinski stres:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Učinci porasta temperature vode na brzinu metabolizma, potrebu za kisikom i opstanak vrsta.</li> <li>Studije slučaja: Uzgoj lososa i tilapije u toplijim vodama.</li> </ul> </li> <li><b>Eutrofikacija i hipoksija:</b></li> </ul>



Funded by  
the European Union



## Digitalni plavi nositelj za budućnost nakon ugljika - inovacije kurikuluma u akvakulturi [DiBluCa]"

2023-1-LT01-KA220-HED-000154247

		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Opterećenje hranjivim tvarima i štetno cvjetanje algi (HAB).</li> <li>○ Stvaranje hipoksičnih "mrtvih zona" i njihov utjecaj na akvakulturu.</li> <li>○ Studija slučaja: Hipoksična zona Meksičkog zaljeva.</li> <li>• <b>Proliferacija bolesti:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Povećani rizici od patogena zbog toplijih temperatura.</li> <li>○ Primjeri: izbijanje vibrija u uzgoju škampa, morske uši na farmama lososa.</li> </ul> </li> <li>• <b>Zakiseljavanje oceana:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Smanjena dostupnost karbonatnih iona za školjkaše i kalcificirajuće organizme.</li> <li>○ Utjecaji na uzgoj kamenica i školjki.</li> </ul> </li> <li>• <b>Promjene u salinitetu:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Učinci otapanja ledenih kapa i promjene obrasca oborina.</li> <li>○ Studija slučaja: Uzgoj škampa u Bangladešu.</li> </ul> </li> </ul>
3.	Ključni kriteriji za odabir sustava	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Otpornost na temperaturne oscilacije:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Uloga recirkulacijskih sustava akvakulture (RAS) u održavanju optimalnih temperatura.</li> </ul> </li> <li>• <b>Ublažavanje eutrofikacije:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Integrirana multitrofična akvakultura (IMTA) i kruženje hranjivih tvari.</li> </ul> </li> <li>• <b>Kontrola patogena:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Mjere biološke sigurnosti i napredne tehnologije (npr. UV sterilizacija, obrada ozona).</li> </ul> </li> <li>• <b>Energetska učinkovitost:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Integracija obnovljivih izvora energije (npr. sunca, vjetra) i sustava za proizvodnju energije iz otpada.</li> </ul> </li> <li>• <b>Prilagodljivost fluktuacijama saliniteta:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Korištenje euryhalinskih vrsta i selektivni uzgoj radi tolerancije saliniteta.</li> </ul> </li> <li>• <b>Ekonomska održivost i skalabilnost:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Mehanizmi podjele troškova, javno-privatna partnerstva i ekonomija razmjera.</li> </ul> </li> </ul>
4.	Inovativni sustavi akvakulture	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Akvakultura na moru:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Prednosti stabilnih dubokovodnih okruženja.</li> <li>○ Studija slučaja: Uzgoj orade i brancina u Sredozemlju.</li> </ul> </li> <li>• <b>Recirkulacijski sustavi akvakulture (RAS):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Recikliranje vode i precizna kontrola okoliša.</li> </ul> </li> </ul>





Funded by  
the European Union



## Digitalni plavi nositelj za budućnost nakon ugljika - inovacije kurikuluma u akvakulturi [DiBluCa]"

2023-1-LT01-KA220-HED-000154247

		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Studija slučaja: Uzgoj lososa u Norveškoj.</li> <li>• <b>Integrirana multitrofična akvakultura (IMTA):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Integracija vrsta za recikliranje hranjivih tvari i zdravlje ekosustava.</li> <li>○ Studija slučaja: IMTA sustavi u Kanadi (losos, dagnje i alge).</li> </ul> </li> <li>• <b>Akvakultura morskih algi:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Sekvestracija ugljika i koristi za okoliš.</li> <li>○ Studija slučaja: Velike farme morskih algi u Aziji.</li> </ul> </li> <li>• <b>Pametne tehnologije akvakulture:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Korištenje umjetne inteligencije, IoT-a i daljinskih istraživanja za praćenje i optimizaciju u stvarnom vremenu.</li> <li>○ Primjeri: Automatizirani sustavi hranjenja, zdravstvena dijagnostika vođena umjetnom inteligencijom.</li> </ul> </li> </ul>
5.	Politika i ekonomska razmatranja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Regulatorna podrška:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Državni poticaji za održive tehnologije (npr. subvencije, porezne olakšice).</li> <li>○ Primjer: zajednička ribarstvena politika Europske unije (ZRP).</li> </ul> </li> <li>• <b>Ekonomska izvedivost:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Analiza troškova i koristi sustava otpornih na klimatske promjene.</li> <li>○ Primjer: dugoročne uštede od smanjenog broja izbijanja bolesti u RAS-u.</li> </ul> </li> <li>• <b>Međunarodna suradnja:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Globalne istraživačke inicijative i platforme za razmjenu znanja.</li> <li>○ Primjer: okvir Obzora Europa za inovacije u akvakulturi.</li> </ul> </li> <li>• <b>Dinamika tržišta i svijest potrošača:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Uloga programa certificiranja (npr. Vijeće za upravljanje akvakulturom) i ekoloških oznaka.</li> <li>○ Primjer: Potražnja potrošača za održivim plodovima mora potiče transformaciju industrije.</li> </ul> </li> <li>• <b>Mehanizmi za ublažavanje rizika i osiguranje:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Proizvodi osiguranja prilagođeni klimatskim rizicima (npr. parametarsko osiguranje za tajfune).</li> <li>○ Primjer: Programi osiguranja za uzgajivače ribe na Filipinima.</li> </ul> </li> </ul>
6.	Studije slučaja i praktične primjene	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Studija slučaja 1:</b> Prijelaz na RAS na farmi škampa u jugoistočnoj Aziji.</li> <li>• <b>Studija slučaja 2:</b> Implementacija IMTA-e u obalnoj regiji u Kanadi.</li> </ul>



Funded by  
the European Union



## Digitalni plavi nositelj za budućnost nakon ugljika - inovacije kurikuluma u akvakulturi [DiBluCa]"

2023-1-LT01-KA220-HED-000154247

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Studija slučaja 3:</b> Odobalna akvakultura u Sredozemlju.</li> <li>• <b>Praktična aktivnost:</b> Projektiranje sustava akvakulture otpornog na klimatske promjene za određenu regiju.</li> <li>• <b>Simulacijska vježba:</b> Korištenje digitalnih alata za modeliranje utjecaja promjena temperature i saliniteta na vrste akvakulture.</li> </ul>
7.	<b>Procjene i ishodi učenja</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Formativne procjene:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Kvizovi, kratki zadaci i stručni pregledi za jačanje ključnih koncepata.</li> </ul> </li> <li>• <b>Sumativne procjene:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Završni ispit koji pokriva sav sadržaj modula (pitanja s višestrukim izborom, kratkim odgovorima i esejska pitanja).</li> <li>◦ Predaja završnog izvješća o projektu i prezentacija.</li> </ul> </li> <li>• <b>Ishodi učenja:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Studenti će moći identificirati i opisati utjecaje klimatskih promjena na akvakulturu.</li> <li>◦ Studenti će razumjeti i objasniti mehanizme koji stoje iza sustava otpornih na klimatske promjene kao što su RAS i IMTA.</li> <li>◦ Studenti će primijeniti svoje znanje za analizu studija slučaja i projektiranje održivih sustava akvakulture.</li> <li>◦ Studenti će procijeniti učinkovitost politika i ekonomskih okvira u promicanju održivosti.</li> <li>◦ Studenti će stvoriti inovativna rješenja za rješavanje klimatskih izazova u akvakulturi.</li> </ul> </li> </ul>
8.	<b>Zaključak i budući smjerovi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rekapitulacija ključnih koncepata: utjecaji klimatskih promjena, inovativni sustavi i razmatranja politike.</li> <li>• Naglasak na važnosti kontinuiranog istraživanja i inovacija u akvakulturi.</li> <li>• Rasprava o novim trendovima, kao što je integracija umjetne inteligencije i interneta stvari u pametnu akvakulturu.</li> <li>• Poziv na akciju studentima da doprinesu održivosti sektora akvakulture.</li> </ul>
<b>OSTALE RELEVANTNE INFORMACIJE/ NAPOMENE</b>		
Kliknite ovdje za unos teksta.		