Primjena ljuskara (Crustacea, Ostracoda) kao bioindikatora u okolišu

Ružić, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:305999

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Ivan Ružić

Primjena ljuskara (Crustacea, Ostracoda) kao bioindikatora u okolišu

Završni rad

Mentor: doc. dr. sc. Tvrtko Dražina

Zagreb, 2021.

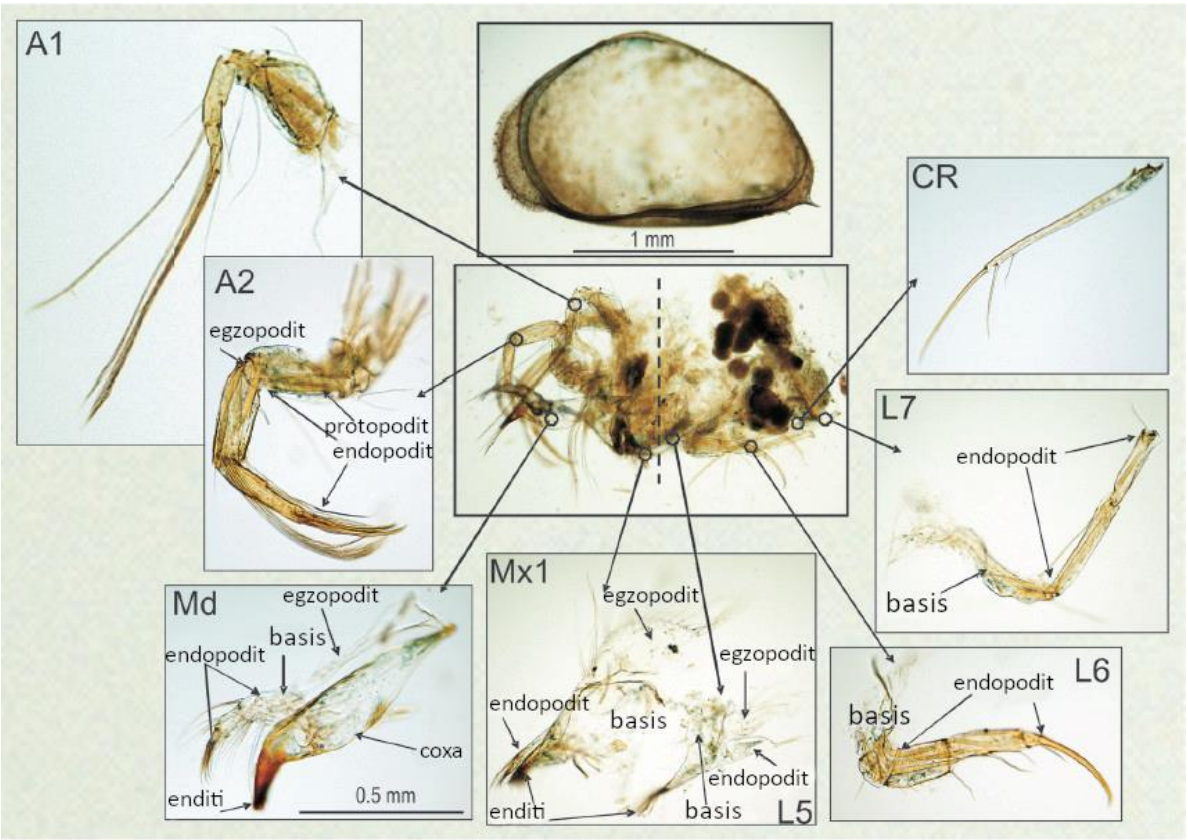
Ovaj rad je izrađen na Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, pod voditeljstvom doc. dr. sc. Tvrtka Dražine.

Sadržaj

1. Uvod 4
2. Geografska rasprostranjenost Ostracoda 6
2.1. Primjeri istraživanja geografske rasprostranjenosti Ostracoda 7
3. Ostracoda kao bioindikatori paleookoliša 12
4. Ostracoda kao bioindikatori antropogenog utjecaja na okoliš i klimatskih promjena 18
5. Zaključak 25
6. Literatura 26
7. Sažetak 30
8. Summary 30
9. Životopis 31

1. Uvod

Ljuskari, ponekad nazivani i dvoljušturcima, skupina su rakova koji pripadaju razredu Ostracoda. Naziv su dobili po svom dvodijelnom oklopu koji sliči ljušturi školjkaša, prema grčkoj riječi *óstrakon*, što znači školjka (Habdija i sur. 2010). Karapaks može kompletno obuhvatiti i zaštititi organe i udove organizma, koji se nazivaju „mekim dijelom“ (Namiotko i sur., 2011). Osim samog dvostrukog karapaksa, svojstva preko kojih se determiniraju ove vrste su relativno mala veličina od 3 do 30mm i odsutna ili gotovo slabo prisutna kolutićavost. Obilježja na ljušturama fosilnih ljuskara tumače se i klasificiraju uspoređivanjem s recentnim skupinama i ispitivanjem na živim primjercima. Mogućnost očuvanja fosila ljušture pripisuje se kemijskom sastavu samog karapaksa, koji može biti hitinski ili kalcitni (magnezijev ili kalcijev karbonat). Raspored ticala, udova za pokretanje i hvatanje plijena kod vrste *Cypris pubera* Muller, 1776, kao primjer prikazani su na Slici 1.



Slika 1: Morfologija ženke *C. pubera* kao primjer slatkovodnog cipridoidnog ljuskara (Podocopa: Podocopida: Cypridoidea: Cyprididae). Tijelo je izvađeno iz ljušture i secirano na pojedine dijelove: A1 – antenule, prvi par ticala, A2 – antene, drugi par ticala, Md – mandibula (gornja čeljust), Mx1 – maxillula (1. par donjih čeljusti), L5 – maxillipedi (3 para čeljusnih nogu), L6 – pereiopodi (noge za hodanje), L7 - sedma noga (noga za čišćenje), CR - kaudalni ramus. Preuzeto i prerađeno iz: Namiotko i sur., 2011.

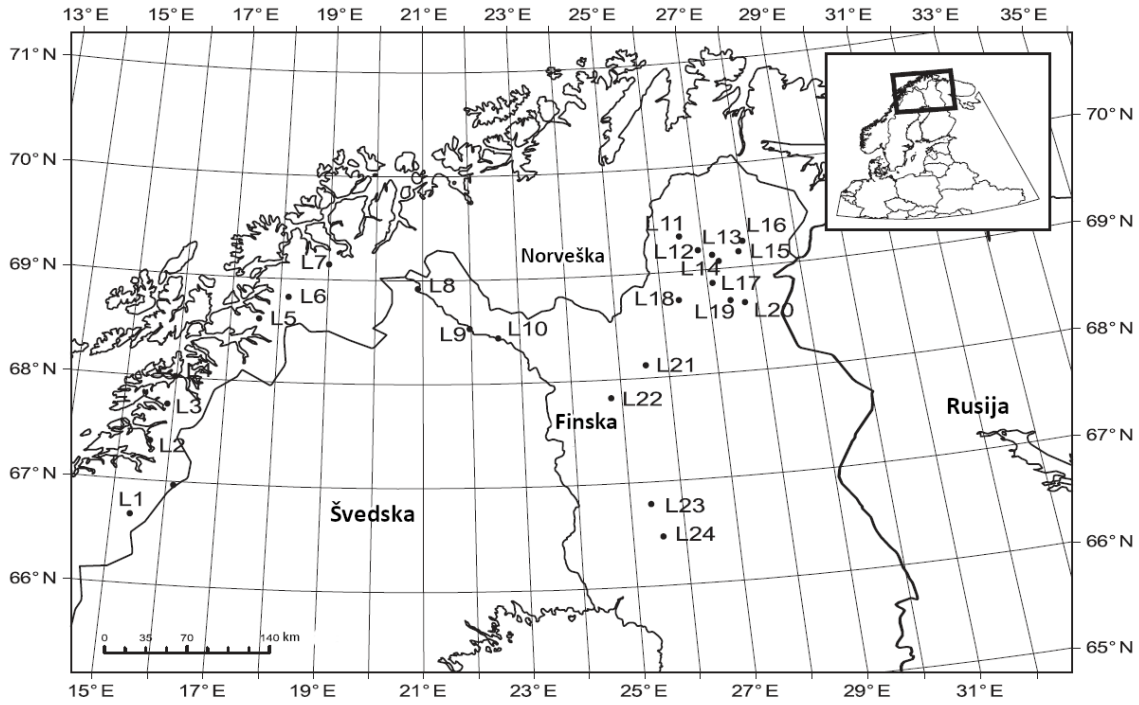
Iako su provedena mnoga istraživanja na temu ljuskara, konsenzus o pravilnoj klasifikaciji Ostracoda ne postoji (Namiotko i sur., 2011). Razlike u klasifikacijama te podjeli recentnih i fosilnih Ostracoda uglavnom se temelje na morfološkim razlikama mekog dijela organizama. Najprihvaćenija klasifikacija dijeli razred Ostracoda u podrazred Myodocopa, koji se potom grana na redove Myodocopida i Halocyprida, te podrazred Podocopa, koji se dalje dijeli na redove Platycopida, Podocopida i Palaeocopida (Karanovic, 2012; Barnes, 1982; Horne & Martens, 2013). Druga općeprihvaćena klasifikacija dijeli Ostracoda na 4 reda: Myodocopida Sars 1866, Platycopida Sars 1866, Palaeocopida Henningsmoen 1953 i Podocopida Sars 1866 (Maddocks, 2000). Prema najnovijim podacima, od 8,000 živućih vrsta ljuskara, recentni slatkovodni Ostracoda, od kojih svi pripadaju redu Podocopida, broje oko 2,000 vrsta unutar 200 rodova (Martens, 1998; Martens i sur. 2008).

2. Geografska rasprostranjenost Ostracoda

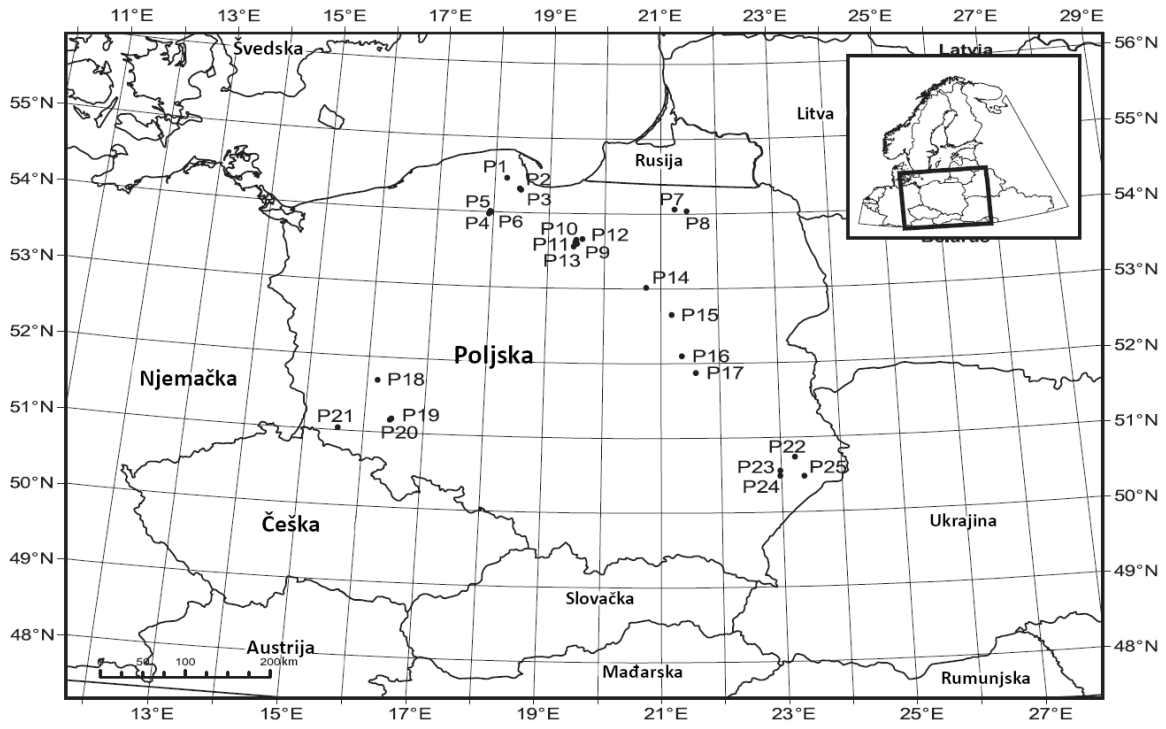
Ljuskari se mogu naći u svim vodenim staništima na Zemlji (Karanovic, 2012). U marinskom okolišu se pojavljuju uz obalna plitka područja, ali su česti i u abisalnom području, o čemu govori podatak da su bentoski fosilni ostaci Ostracoda drugi najčešće pronalaženi u dubokomorskim sedimentima (Zarikian, 2013). Morske vrste ponekad migriraju u ušća ili u obalne ribnjake s većom razinom saliniteta. Slatkovodna staništa gdje ljuskari često obitavaju uključuju sve vrste potoka i rijeka, jezera, izvore te podzemne vode. Slatkovodni ljuskari mogu kolonizirati i boćate vode. Nije neuobičajeno vidjeti slatkovodne i morske ljuskare na jednom mjestu, posebno u mezohalinim vodama, gdje zajedno formiraju jedinstven ekosustav (Ruiz i sur., 2013). Biološka raznolikost i raspored Ostracoda u određenim ekosustavima znatno ovisi o određenim čimbenicima, koji se dijele na biološke, fizikalne i kemijske (Karanovic, 2012). Među fizikalnim čimbenicima navode se temperatura, sedimentni sastav, pridnene struje, dubina i prozirnost vode te prirodne barijere, npr. između Atlantskog i Tihog oceana, ili dubokomorske barijere poput onih u Meksičkom zaljevu i Karipskom moru (Holmes, 2002), a u kemijske čimbenike pripadaju salinitet, te količine otopljenog kisika i fosfata. Dostupnost hranjivih tvari, sposobnost širenja, način razmnožavanja, morfološka prilagodba i kompeticija s ostalim skupinama ključni su biološki čimbenici (Karanovic, 2012). Uzimanjem svih tih čimbenika u obzir, određivanje klimatskih uvjeta u paleookolišu moguće je determinacijom vrsta pojedinih Ostracoda (Holmes, 2002).

2.1. Primjeri istraživanja geografske rasprostranjenosti Ostracoda

Rasprostranjenost i bogatstvo vrsta također ovisi i o drugim faktorima. Primjerice, istraživanje provedeno na području Poljske i Finske (Slika 2 i 3) vršilo je usporedbu bioraznolikosti faune slatkovodnih Ostracoda na lokalitetima triju specifičnih vrsta: plitke priobalne vode jezera, tresetišta i sezonske tokove.



Slika 2. Karta ispitivanih mjesta uzorkovanja u Finskoj. Preuzeto i prilagođeno iz: Iglikowska i Namiotko, 2012.



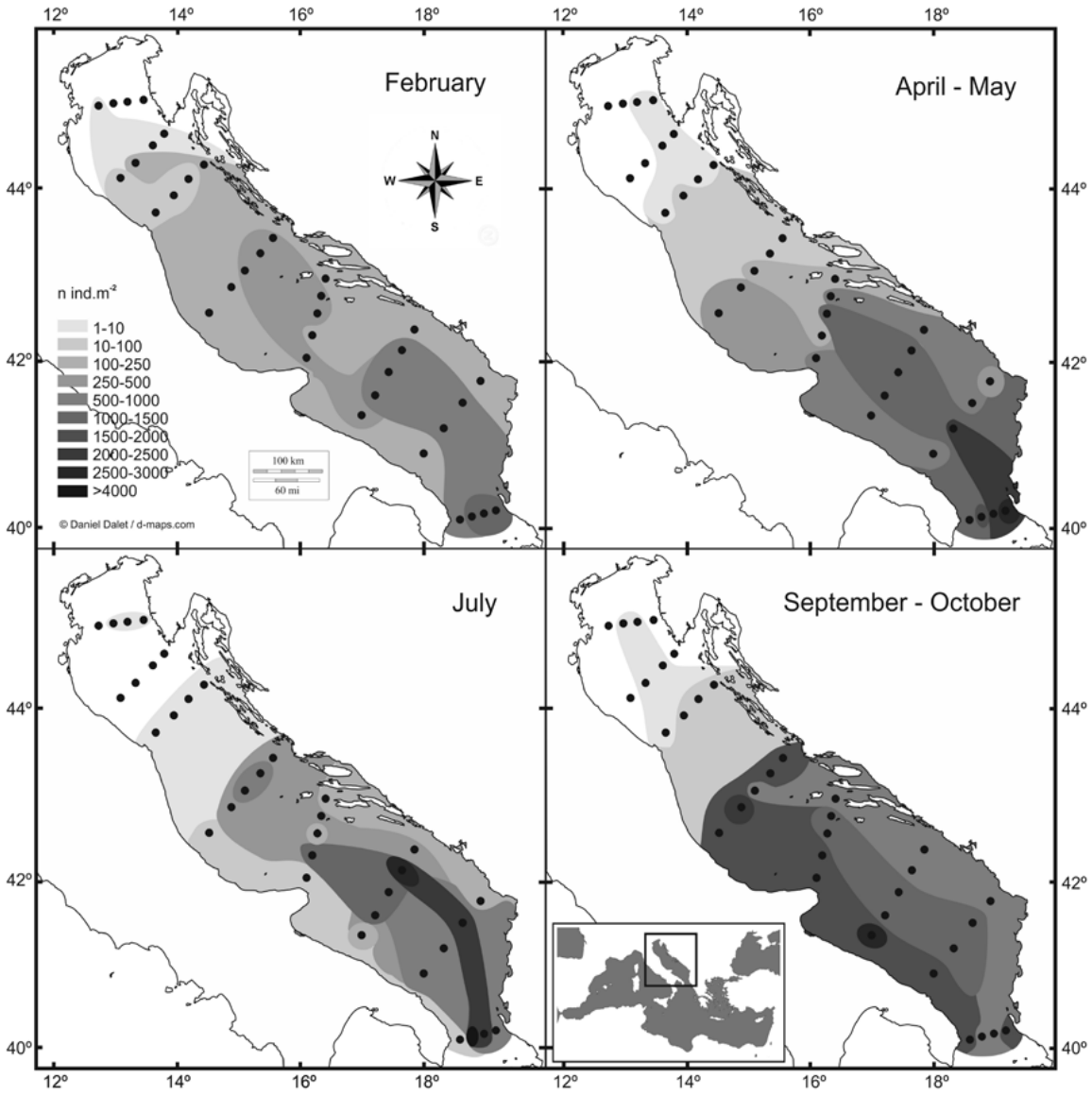
Slika 3. Karta ispitivanih mjesta uzorkovanja u Poljskoj. Preuzeto i prilagođeno iz: Iglikowska i Namiotko, 2012.

U Poljskoj je identificirano ukupno 35 vrsta Ostracoda, što čini 25% od ukupnog broja recentnih slatkovodnih Ostracoda zabilježenih u Poljskoj, dok je na područjima Laponije u Finskoj pronađeno 15 vrsta, što predstavlja 42% od ukupnog broja slatkovodnih vrsta Ostracoda na tom području. U Finskoj su prosječne vrijednosti raznolikosti vrsta bile općenito niže nego u Poljskoj. Obzirom da je najviše vrsta prikupljeno s jezera, a najmanje s tresetišta, plitki obalni jezerski ekosustavi pružaju pogodnije i stabilnije okolišne uvjete za slatkovodne ljuskare u usporedbi s tresetištima i privremenim vodama. To se poklapa s činjenicom se u drevnim jezerima nalazi 25% ukupne svjetske raznolikosti slatkovodnih Ostracoda (Martens i sur., 2008). Broj vrsta također znatno ovisi o prisutnosti vegetacije u priobalnom pojasu, što stvara širok spektar ekoloških niša. Značajan utjecaj na prostorni raspored Ostracoda u Poljskoj i Finskoj imale su vrijednosti pH, mutnoća vode, sadržaj željeza (Fe) i fosfata, sadržaj organske tvari u sedimentu i geografska širina, koja je direktno povezana s klimatskim učincima. Geografska širina je jedan od najvažnijih čimbenika koji određuje rasprostranjenost slatkovodnih Ostracoda u Europi i svijetu. Osim niskih temperatura, u sjevernijim predjelima ljuskari se moraju prilagoditi nižim koncentracijama otopljenih iona i hranjivih tvari. U Finskoj kopnene vode često bivaju zaleđene, stoga vrste koje tamo žive moraju biti sposobne preživjeti takve uvjete barem tijekom jedne faze svog životnog ciklusa (Iglikowska i Namiotko, 2012).

Bitna prilagodba ljuskara u hladnijim predjelima je partenogeneza, koja omogućuje brz oporavak populacija i kolonizaciju novih vodenih tijela u kratkom vremenu. Takva prilagodba je izuzetno korisna kod staništa s oscilirajćom temperaturom gdje se mikroklima teško može predvidjeti (Martens i sur., 2008).

Iako slatkovodni ljuskari ne migriraju iz svojih staništa, postoje podaci o rasprostranjenosti nekih morskih Ostracoda i njihovim migracijama. Razlog migracija je vjerojatno visoki stupanj tolerancije na okoliš, ali i prirodni fenomeni poput plime i oseke, jakih vjetrova, morskih struja i oluja. Unatoč tome, zabilježen je mali broj plitkomorskih vrsta koje imaju sposobnost migracija. U migracijama značajnu ulogu ima i čovjek. Otpuštanjem balastnih voda oslobađaju se brojne vrste ljuskara koje do tada nisu obitavale na tim mjestima (Titterton i Whatley, 1988).

Jadransko more, za razliku od ostalih sredozemnih regija, bogato je vrstama Ostracoda. Istraživanje provedeno između 1974. i 1976. godine na istočnoj obali Jadrana dalo je uvid u prostornu i brojčanu raspodjelu morskih Ostracoda u Hrvatskoj (Slika 4).



Slika 4. Prostorna i sezonska raspodjela ukupnog broja planktonskih Ostracoda tijekom četiri godišnja doba u Jadranskom moru: zima (veljača 1976.), proljeće (travanj - svibanj 1975), ljeto (srpanj 1976.) i jesen (rujan - listopad 1974) Preuzeto iz: Brautović i sur., 2018.

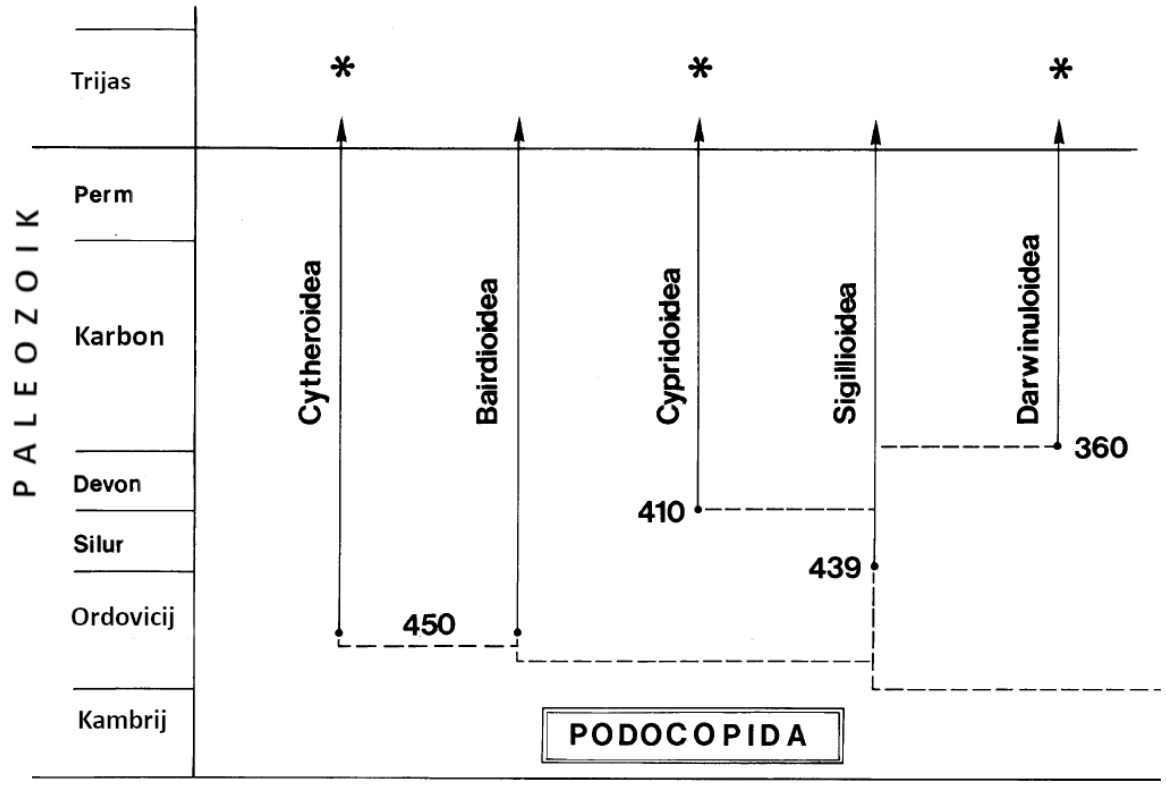
Tri ključne vrste odgovorne za većinu promatrane varijabilnosti Ostracoda bile su *Archiconchoecia striata* Müller, G. W. 1894, *Porroecia spinirostris* Claus, 1874 i *Proceroecia macroprocera* Angel, 1971. Tijekom istraživanja, prvi put u južnom Jadranu pronađena je vrsta *Paraconchoecia oblonga* Müller, 1906. Ova vrsta se općenito nalazi u svim oceanima od 49°N do 42°S u plitkom mezopelagijskom sloju. Prema Slici 4 je vidljivo da se brojnost populacija Ostracoda općenito povećava od sjevera prema jugu Jadrana, a prostorni raspored rezultat je utjecaja slivova, iako nije zabilježen jasan sezonski model varijabilnosti Ostracoda. Dok se brojnost ljuskara povećava u smjeru juga, brojnost Copepoda se povećava u suprotnom smjeru duž kontinentalnog slaza. Podatak o porastu broja juvenilnih jedinki u jesen i zimu govori da

su oni periodi razmnožavanja za Ostracoda. Zanimljivost tijekom istraživanja srednjeg Jadrana je nepronalazak dubokomorskih i mezopelagijskih ostrakodnih vrsta. Mogući razlog ove pojave bila bi sama dinamika vodenih masa i tok cirkulacije vode u Jadranskom moru. Pojava novih vrsta te bogatstvo Ostracoda u Južnom Jadranu može poslužiti kao temelj za buduća istraživanja, te za primjenu ljuskara u zoniranju ekološke kvalitete Jadrana.

3. Ostracoda kao bioindikatori paleookoliša

Zbog recentnih klimatskih promjena ponajviše vođenih ljudskim aktivnostima, razumijevanje oscilacija globalnih temperatura u geološkoj prošlosti postaje sve značajnije. Iz tog razloga ljuskari postaju od izuzetnog značenja u svrhu paleoklimatskih rekonstrukcija. Taksonomija i paleološka istraživanja Ostracoda temelje se na ispitivanju i prikupljanju živog materijala u recentnim staništima. Istraživanje živih Ostracoda omogućava paleontolozima da se također upoznaju s intraspecifičnom varijabilnošću ili ekologijom, što bi moglo uvelike olakšati taksonomske i paleoekološke studije (Dall'Antonia, 2003). Međutim, primjenu Ostracoda za proučavanje klimatskih promjena otežali su brojni čimbenici, počevši od zablude da je njihova brojnost u dubokomorskom sedimentu rijetka ili nepostojeća, te nedostatak taksonomskih i zoogeografskih podataka. Posljednjih godina istraživanja u Atlantskom, Tihom i Arktičkom oceanu (Yasuhara i sur., 2014; Schneider i sur., 2016) pokazuju da su ljuskari dovoljno česti za metode kvantitativne analize prikupljanja podataka, te da geokemijski sastav njihovih ljuštira može poslužiti kao indikator promjene temperature u geološkoj prošlosti. (Cronin & Dywer, 2003).

Najstariji fosilni zapis Ostracoda je vrsta *Paltodus deltifer* Lindström, 1955, iz ordovicija prije 485 mil. god (Williams i sur., 2008). Fosilni nalazi Ostracoda se dalje granaju u 3 glavne linije, pripadajući redu Podocopida (Slika 5). Starost linija procjenjuje se na između 450 i 360 milijuna godina. Iako su unutar Cytheroidea uglavnom morske vrste, postoji nekoliko recentnih boćatih vrsta, od kojih su Limnocytheridae najčešće. Darwinuloidea sadrže jednu porodicu unutar koje je 30 recentnih vrsta. Najveću skupinu, Cypridoidea, čine 4 podporodice (Martens i sur., 2008).

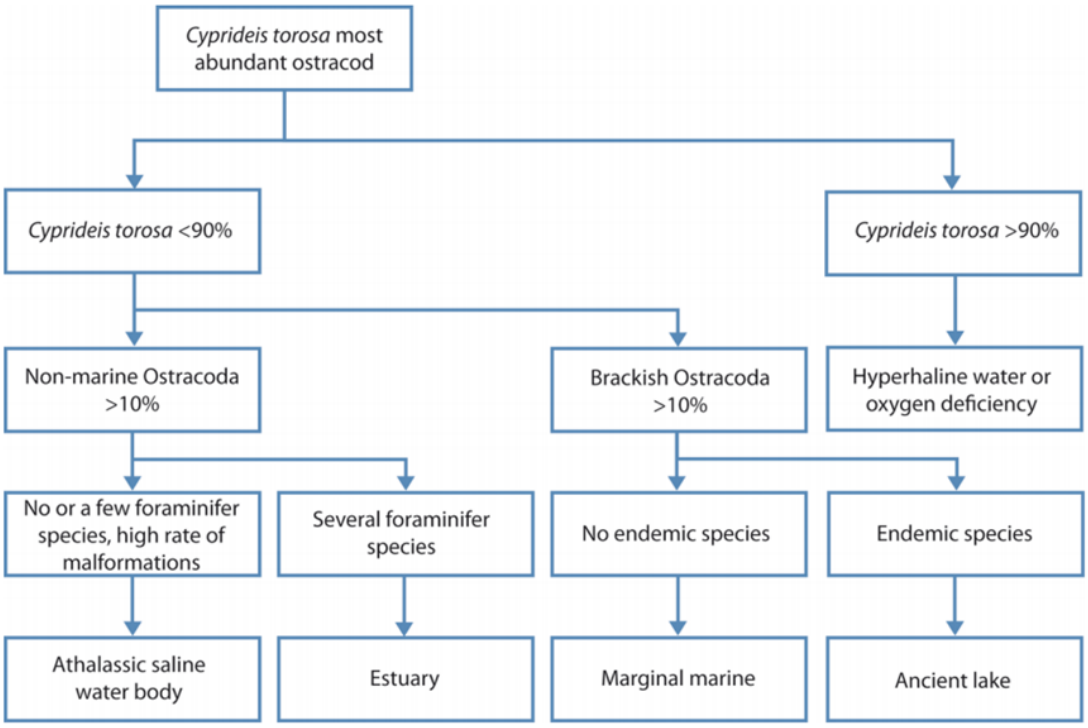


Slika 5. Podrijetlo glavnih linija Ostracoda kod Podocopida. Zvijezde označavaju daljnja evolucijska grananja u kojima nisu prisutne morske vrste Ostracoda. Preuzeto i prilagođno iz: Martens i sur., 2008.

Kod istraživanja Ostracoda u svrhu rekonstrukcije paleookoliša bitne su analize učinka okolišnih čimbenika na oblik i strukturu karapaksa ljuskara (Siveter i sur., 2010), pod pretpostavkom da se ekološki zahtjevi recentnih zajednica primjenjuju i na fosilne nalaze, te analiza geokemijskih svojstva ljuštura (Wetterich, 2008). Za istraživanje paleookoliša u Sjevernoj Americi prije 20 godina pokrenut je projekt istraživanja, interpretacije i sinoptičkog kartiranja pliocena (PRISM – Pliocene Research, Interpretation and Synoptic Mapping) (Cronin i sur., 2002). Cilj istraživanja je bila analiza Ostracoda u kvartarnim sedimentima i rekonstrukcija paleoklime u razoblju prije oko 3 Ma +/- 0,3 Ma (Ma - milijun godina), perioda u kojem je porasla globalna temperatura. Razlog odabira ljuskara kao primarnog alata za procjenjivanje promjena je u njihovoj brojnosti u plitkim vodenim sedimentima i većoj razini osjetljivosti na promjene u ekosustavu, za razliku od Foraminifera, Cladocera i Copepoda koje su smanjene osjetljivosti na promjene u okolišu (Parameswari i sur., 2020). Proučavanjem obalnih sedimenata sjevernog Atlantika i Arktika, kvantitativnom analizom prikupljenih uzoraka zaključeno je da su Ostracoda idealna skupina za reprezentaciju zoogeografske raspodjele vrsta duž obalnih područja. Analiza uzoraka iz kasnijih kvartarnih ledenjačko-interglacijalnih ciklusa uočila je promjene u geografskoj raspodjeli Ostracoda osjetljivih na

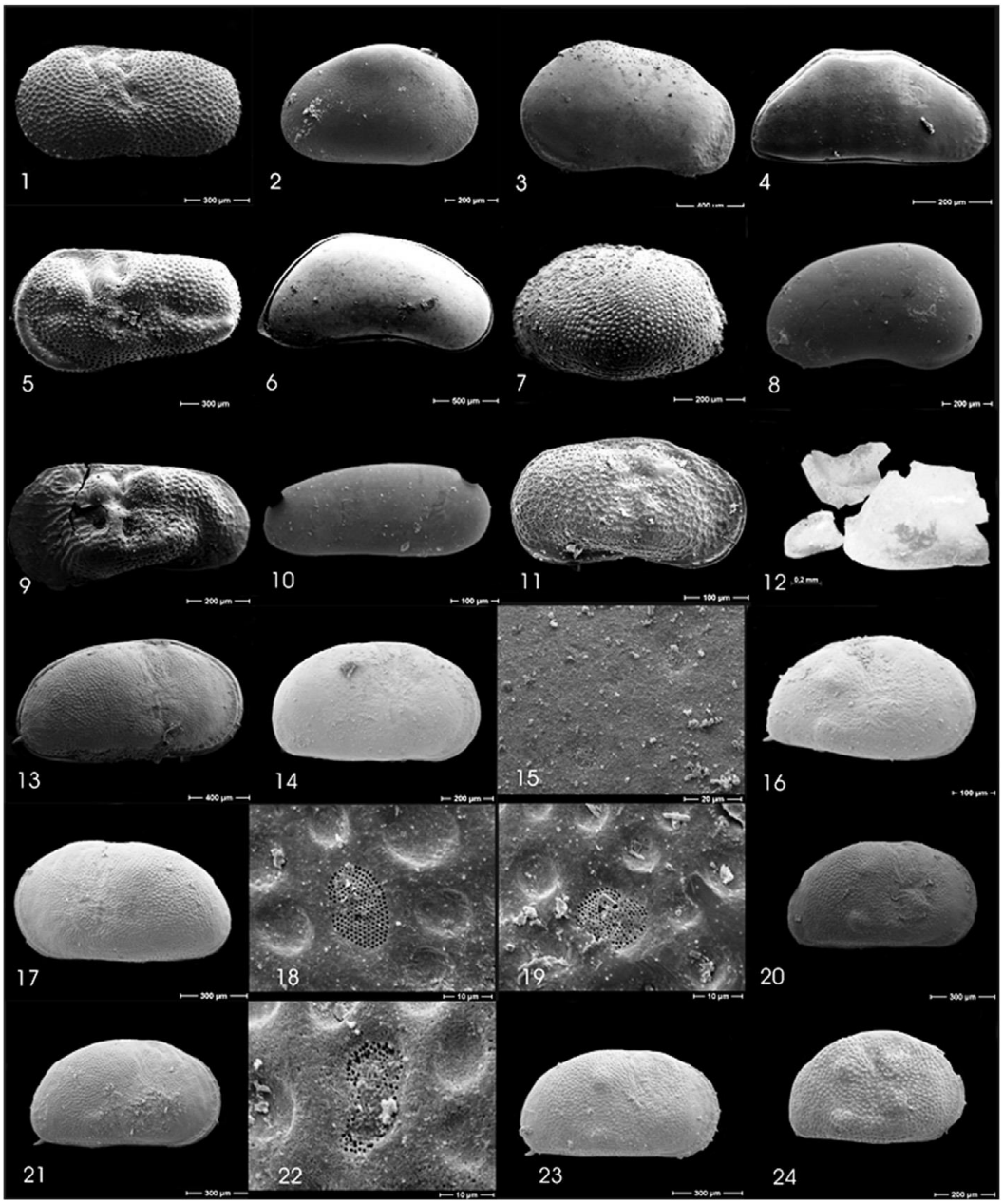
temperaturu, što označava relativno hladnije temperature površine mora na srednjim geografskim širinama uz istok SAD-a. Unatoč tome, prosječna temperatura površinskog morskog paleookoliša procijenjena je na 5°C veću nego danas. Sedimentne naslage Ostracoda u višim geografskim širinama s Islanda, te nekoliko uzoraka uz granicu Arktičkog oceana također su potvrdili toplije zimske temperature u tom periodu. Tijekom srednjeg pliocena također su potvrđeni trajni godišnji periodi bez morskog leda. Veća temperatura mora imala je za posljedicu snažniji utjecaj Golfske struje, koja je sukladno tome uzrokovala jaču termohalinsku cirkulaciju mora, zbog koje je migracija termofilnih skupina Ostracoda prema višim geografskim širinama tijekom srednjeg pliocena bila moguća. Ova hipoteza o pojačanom transportu topline u moru potkrepljena podacima iz morskih sedimenata u sjevernom Atlantiku te analizama planktorskih foraminifera iz arktičkog sedimenta (Cronin i sur., 2002). U suštini, Ostracoda su se pokazali kao najpouzdanijim pokazateljem povećanja pridnene topline oceanskih vodenih masa u pliocenu.

Jedan od glavnih faktora opstanka i reprodukcije Ostracoda je salinitet. Primjerice, vrsta koja uglavnom živi u okolišu boćatih voda, *Cyprideis torosa* Jones, 1850, je eurihalina vrsta i široko rasprostranjena. Iako se češće može naći u priobalnim lagunama, posebnost ove vrste leži u njenoj monospecifičnoj dominaciji u hipersalinom vodenom okolišu (Pint i Frenzel, 2016). To uključuje sva vodena tijela u gotovo svim klimatskim područjima. Razlog tome je velika tolerancija na salinitet. Sličnosti vezane uz svojstva okoliša dobivaju se usporedbom recentnih i fosilnih sedimentnih naslaga, neovisno o geografskoj lokaciji (Reed i sur., 2012). Unatoč prisutnosti *C. torosa* kao indikatora salinog okoliša, točne razine saliniteta, pa i rekonstrukcija i determinacija paleookoliša (Slika 6) te otkrivanje promjena u obalnim regijama kroz geološku prošlost moguća je uz determinaciju pratećih ostrakodnih vrsta koje su slabije tolerancije na salinitet (Holmes, 1992). Recentne vrste ljuskara, koje su tipične za boćate vode, posebno u obalnim regijama, na temelju povezanosti ili prekida obalnih voda s morem mogu pridonijeti u otkrivanju promjene saliniteta, jedan od nužnih indikatora za stabilnost okoliša. Važnost određivanja saliniteta i njegove oscilacije u vodi čimbenik je determinacije klimatskih promjena i promjene u paleookolišu (Griffiths i Evans, 1992).



Slika 6. Dijagram toka paleoekološke interpretacije zajednica Ostracoda u ovisnosti o razini dominacije *Cyprideis torosa* Jones, 1850. Preuzeto iz: Pint i Frenzel, 2016.

U Hrvatskoj je proveden mali broj istraživanja vezan uz slatkovodne Ostracoda, što otežava razumijevanje postanka i distribucije ovih organizama u kvartaru (Hajdak-Tadesee i sur., 2018). Istraživanjem triju sedimentnih naslaga na Vranskom jezeru te analizom ljuskara koji su pronađeni u tim sedimentima, utvrđen je porast dubine vode, saliniteta i temperature na prelasku iz pleistocena u holocen. Analiza najdubljeg uzorka sedimenta otkrila je fosilne ostatke vrsta *Candona neglecta* Sars, 1887 i *Juxilyocypris* cf. *schwarzbachi* Hajek-Tadesse, 2018, bioindikatore za hladnije klimatske uvjete (Ruiz i sur., 2013). Promjene u salinitetu dokazane su determiniranjem ostrakodnih vrsta (Slika 7), među kojima je *C. torosa*, poznati bioindikator za slani vodeni okoliš (Pint i Frenzel, 2016) u gornjim sedimentnim naslagama. Prodor morske vode u geološkoj prošlosti, koja je najvjerojatnije došla preko krškog grebena od vapnenca i boćatih izvora na plavna područja, objašnjava porast saliniteta i postanak boćatog jezera kakvo je nastalo danas. Vremenska točnost, iako dobivena iz analize triju uzoraka sedimenata, ne može biti u potpunosti ispravna, ali se može koristiti za geološko markiranje područja kao prijelaz iz kasnog pleistocena u holocenski period. To se isto tako poklapa s nižom razinom mora nego danas, za otprilike 40 m (Narciso i sur., 2012).



Slika 7. Vrste Ostracoda proučavane na lokalitetima Vranskog jezera (Dalmacija). 1. *Ilyocypris bradyi*, 2. *Heterocypris salina*, 3. *Pseudocandona marchica*, 4. *Mixtacandona* sp., 5. *Juxilyocypris* usp. *schwarzbachi*, 6. *Candona angulata*, 7. *Metacypris cordata*; 8. *Candona neglecta*, 9. *Paralimnocythere* sp., 10. *Darwinula stevensoni*, 11. *Limnocythere inopinata*, 12. *Hungarocypris madaraszi*, 13. *Cyprideis torosa*, karapaks, bočni prikaz, 14-16. *Cyprideis torosa*, 14. desna ljuštura, 15. površina ljušture sa sitastim porama; 16. stadij ličinke, 17-19. *Cyprideis torosa*; 17. lijeva ljuštura, 18. & 19. površina ljušture sa sitastim porama, 20. *Cyprideis torosa*, desna ljuštura, 21 & 22. *Cyprideis torosa*, 21. vanjski prikaz desne ljušture; 22. površina ljušture sa sitastim porama; 23. *Cyprideis torosa*, desna ljuštura; 24. *Cyprideis torosa*, stadij ličinke, desni zalistak. Preuzeto i prilagođeno iz: Hajdak-Tadesee i sur., 2018.

Prema analizi Ostracoda sporednih podataka iz triju uzorka sedimenta u Vranskom jezeru, mogu se definirati 3 ključna razdoblja u geološkom vremenu samog jezera. Uzorak najdubljeg

sedimenta (1101-813 cm) ukazuje na hladnije klimatske uvjete i vjerojatno odgovara periodu prelaska iz kasnog pleistocena u holocen. U tom periodu trajnog jezera još nije bilo, već je postojalo krško polje sa sezonskim poplavama, koje karakteriziraju facijesi bogati klastičnim karbonatima gdje je dominantna vrsta bila *C. torosa*. Pojava slatkovodnih Ostracoda, te oporavak vrste *Metacypris cordata* Brady & Robertson, 1870, u sedimentnom uzorku dubine 813-507 cm ukazuje na topliju klimu i formiranje jezera između 7400 i 6700 godina pne. U jezeru se postepeno pojavljuju 4 područja slatkovodnih Ostracoda, što se može razabrati iz taloženja silta bogatih karbonatima bez morskog utjecaja. Povećani stupanj utjecaja mora na sedimentaciju karbonata u jezeru, učestalija pojava *C. torosa* u sedimentu opisuje treće razdoblje geološke prošlosti jezera prije otprilike 5340 godina pne. Vidljivo na Slici 6, otkrivena je nepravilna površina sitastih pora kod morfološke analize ljušture *C. torosa*, što je karakteristično za skupine koje žive u slanijim vodama, iako sedimentni nalaz na ovoj dubini sadrži i niz slatkovodnih vrsta koje također mogu tolerirati povećanje slanosti. Povećanjem učestalosti *C. torosa* u naslagama starosti oko 2700 godina pne. ukazuje na porast saliniteta i temperature jezerske vode slične današnjim uvjetima (Hajek-Tadesse i sur., 2018).

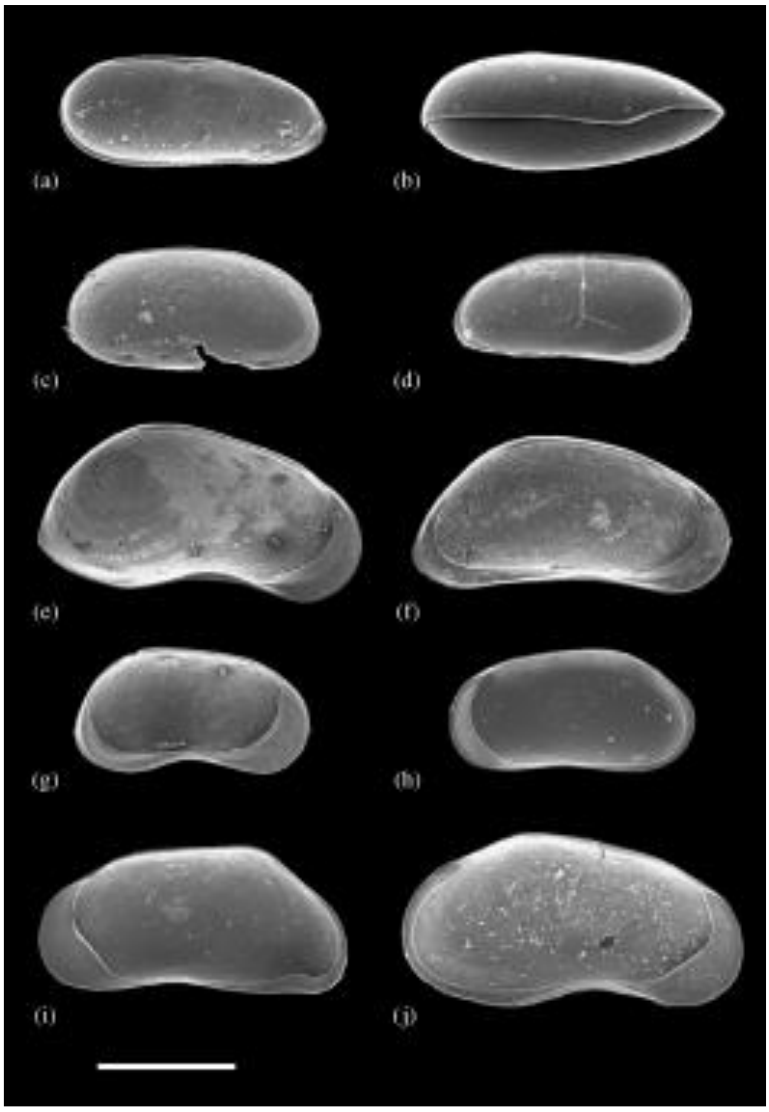
U jeku sve veće implementacije Ostracoda u rekonstrukciji paleookoliša, pojavljuju se sofisticiranije metode radi što veće preciznosti u analizama uzoraka. Primjerice, nova metoda uzajamnog temperaturnog raspona Ostracoda (MOTR - Mutual Ostracod Temperature Range) za procjenu temperature zraka paleookoliša, temeljena na bazi podataka europskih slatkovodnih Ostracoda (NODE - Nonmarine Ostracod Distribution in Europe database) za kvartarni period, povezana sa suvremenom klimatskom bazom podataka u GIS softveru, predstavljena je prije nekoliko godina. Iako je uporaba slatkovodnih Ostracoda u obnovi kvartarne paleoklime u smislu indikatorskih vrsta već prepoznata (Horne i sur., 2012; Cronin i sur., 2002), u novije vrijeme, analiza pojedinih kemijskih elemenata u tragovima te izotopa u vapnenačkim ljušturama postaje sve vrijednija informacija za istraživanje paleookoliša. MOTR koristi digitalni pristup zasnovan na prisutnosti ili odsutnosti vrsta u fosilnom zapisu. Preliminarna ispitivanja, koristeći suvremene populacije Ostracoda koje još nisu u NODE bazi podataka, pokazala su obećavajuće usporedbe s modernim temperaturama, ali potrebna su daljnja ispitivanja i usavršavanja. Hipoteze o klimatskim tolerancijama živih i fosilnih vrsta Ostracoda, kao i komplicirajući čimbenici, poput odnosa između temperature vode i temperature zraka, sklonosti staništa i taksonomskih pogrešaka zahtijevaju pažljivo ispitivanje; unatoč tome, MOTR metoda pokazuje znatna obećanja i vrijedan je dodatak alatu kvartarnog paleoklimatologa (Horne, 2007).

4. Ostracoda kao bioindikatori antropogenog utjecaja na okoliš i klimatskih promjena

Povećanje učestalosti ljudskih aktivnosti koje utječu na globalnu atmosferu, klimu i njene ekosustave potaknulo je znanstvenu zajednicu u primjeni novih metoda praćenja razine onečišćenja okoliša. Ostracoda, kao bioindikatori takvih okoliša, postaju sve primjenjenija metoda unazad 20 godina, ne samo zbog njihove rasprostranjenosti i lakoće uzorkovanja, nego zbog veće osjetljivosti na promjene u okolišu, za razliku od npr. Foraminifera, Copepoda, Rotifera i Cladocera (Parameswari i sur., 2020, Ruiz i sur., 2005; Ruiz i sur., 2012). Mnogi ekosustavi, pogotovo u obalnim zaljevima i estuarijima, bivaju sve ugroženiji porastom razine mora, smanjenjem saliniteta i devastacijom okoliša.

Ovisno o vrstama ispuštenog otpada, posljedice na populacije Ostracoda u vodenom okolišu mogu znatno varirati. Kanalizacijski sustavi koji sadrže gnojiva, naftne derivate i kemikalije mogu uzrokovati potpuni nestanak priobalne faune, dok neki urbani i poljoprivredni otpad imaju slabiji učinak na gustoću ljuskara, s različitim razinama eutrofikacije, ovisno o stupnju obrade (Bodergat i sur., 1998). Najgoru moguću prijetnju za populacije Ostracoda u bilo kojem staništu predstavlja izlijevanje nafte, koje rezultira velikom smrtnošću u kontaminiranim površinskim sedimentima, a može prouzročiti nepovratni nestanak živog svijeta, pa tako i svih Ostracoda na tom području (Martens i sur., 2008).

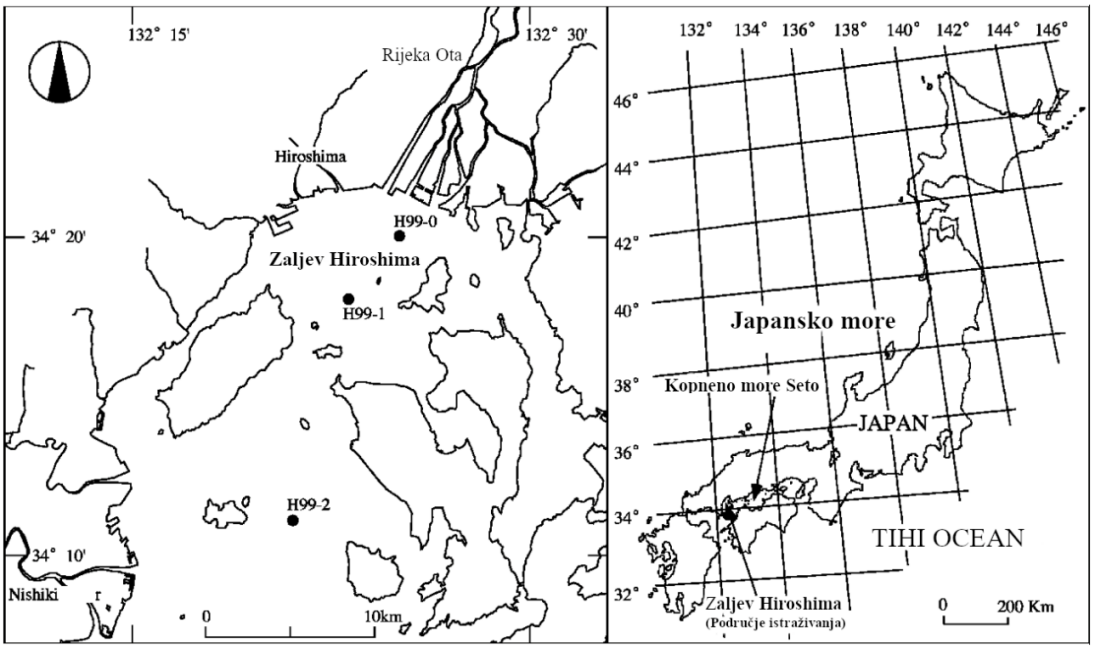
U Sredozemlju postoje primjeri antropogenog utjecaja koje štetno djeluje na populacije ljuskara. Na zapadnoj obali Španjolske kod Valencije, na području bogatom slatkovodnim i boćatim jezerima i močvarama, otkriven je značajni gubitak populacija ljuskara. Unatoč zaštiti pod okriljem Ramsarske konvencije, staništa su pod izrazitim utjecajem čovjeka. Na teritoriju 6 jezera, gdje se proučavala bioraznolikost ljuskara, otkrivena je povećana raznolikost kod uginulih vrsta Ostracoda u sedimentu močvarnih područja (Slika 8). Najvjerojatniji razlog promjene tafocenoze je povećana razina eutrofikacije, promjena hidrološkog režima i promjena kemijskog sastava vode, što je sve posljedica antropogenog djelovanja (Poquet i sur., 2008).



Slika 8. Prikaz azličitih vrsta ljuskara pronađenih u Španjolskoj skenirajućim elektronskim mikroskopom (SEM). (A) *Darwinula stevensoni*, lijeva ljuštura. (B) D. *Stevensoni.* (C) *Penthesilenula* sp. (D) *Vestalenula* sp. (E) *Candona angulata*, mužjak. (F) *Candona angulata*, ženka. (G) *Candona ignocta*. (H) *Fabaeformiscandona* usp. *wegelini*. (I) Ženka *Fabaeformiscandona japonica*. (J) *F. Japonica,* mužjak. Preuzeto iz: Poquet i sur., 2008.

Obalni ekosustav poznat je po učestalim poremećajima stabilnosti i strukture obalnih populacija. Ponekad je moguće da dođe do potpune promjene u populaciji različitih vrsta (Altaff i sur., 2005; Ruiz i sur., 2010). Istraživanje Ostracoda u Japanu na području zaljeva Hiroshima također primjenjuje ljuskare kao indikatore antropogenog utjecaja, u ovom slučaju indikatore negativnih posljedica industrijalizacije i ratovanja na okoliš. Područja istraživanja na Slici 9 označena su imenima „H99-0“, „H99-1“ i „H99-2“. Od 40 uzoraka na tim lokalitetima identificirano je najmanje 38 vrsta Ostracoda. Na temelju usporedbe bioraznolikosti vrsta u ljuskara i analize kemijskog sastava uzoraka, objašnjena je posljedica Drugog svjetskog rata u kombinaciji s teškim metalima, koja je uzrokovala smanjenje bioraznolikosti vrsta, te da je

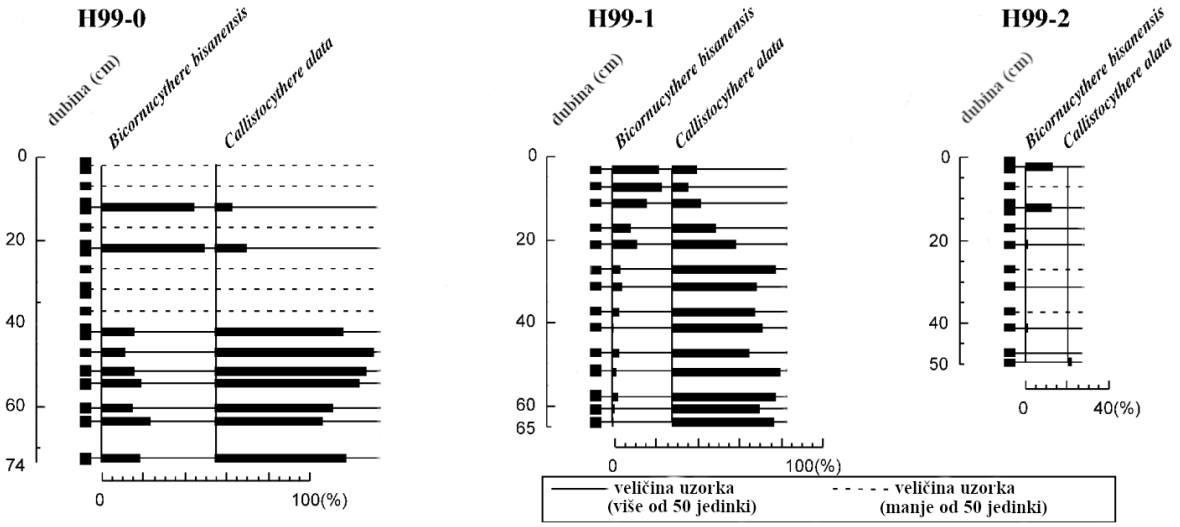
antropogeno zagađenje prouzročilo smanjenu bioraznolikost vrsta Ostracoda u zaljevu Hiroshima. Promjene u koncentracijama teških metala, ponajprije Cu, Zn i Pb, povezane su s otpuštanjem gradskih otpadnih voda, te industrijskog i poljoprivrednog otpada u zaljev, čija se količina nakon 1940-ih godina povećavala. Gustoća ljuskara na 10 g uzorka suhog sedimenata se znatno smanjila u uzorcima na lokalitetima H99–0 i H99–1, iako nije bilo značajnijih promjena u uzorcima na području H99– 2. Rezultati analize sugeriraju da je učinak onečišćenja i smanjene bioraznolikosti bio jači i brže se odvijao u zatvorenom unutarnjem dijelu zaljeva (H99–0) nego u dubljim vodama (H99–1). Udaljavanjem prema središtu zaljeva na području H99-2 smanjile su se koncentracije teških metala i otpadnih voda, što je za posljedicu imalo veću gustoću i bioraznolikost Ostracoda. Stoga je moguće raspravljati o odnosu između ostracoda i ovih teških metala u svjetlu antropogenog utjecaja.



Slika 9. Zaljev Hirošima kao područje istraživanja Ostracoda kao bioindikatora antropogenog onečišćenja okoliša u Japanu. Preuzeto i prilagođeno iz: Yasuhara i sur., 2003.

Detaljnije istraživanje antropogenog utjecaja na Ostracoda izvedeno je proučavanjem staništa dvaju vrsta Ostracoda na istim lokalitatima istraživanja, *Callistocythere alata* Hanai, 1957, i *Bicornucythere bisanensis* Okubo, 1975, kao što je prikazano na Slici 10. *C. alata* je prirodno osjetljivija na antropogeno onečišćenje okoliša, dok *B. bisanensis* ima jaču otpornost. Relativni udjeli tih dviju vrsta na pojedinim staništima korišteni su kao indikator onečišćenja. Na području jačeg onečišćenja *B. bisanensis* se uspjela proširiti na staništa gdje su nekoć druge vrste Ostracoda obitavale, ali su zbog povećane osjetljivosti na onečišćenje migrirale ili

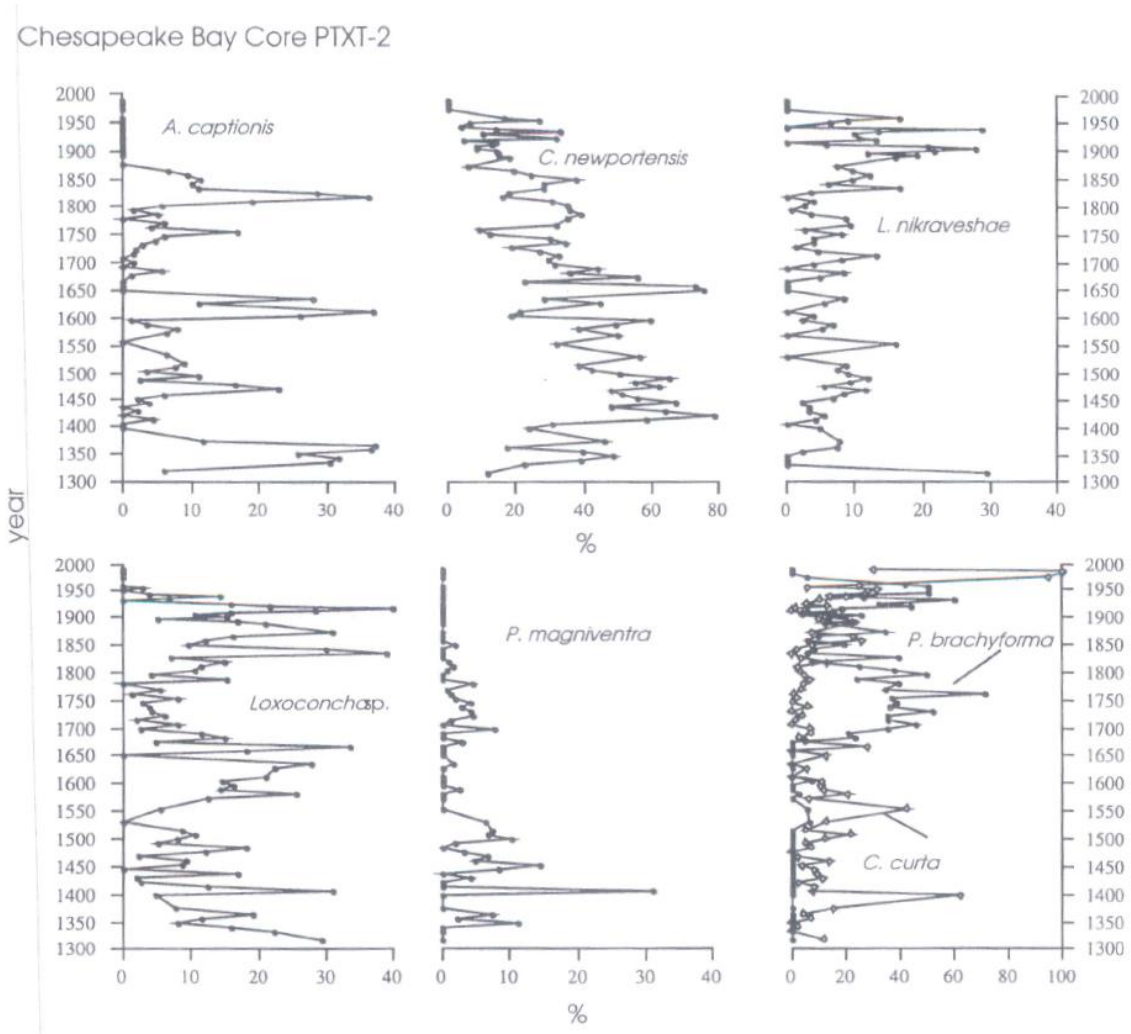
izumrle. Međutim, prirodno neispunjene niše, koje su bile neprikladne za kolonizaciju od strane *B. bisanensis,* implicira da između te vrste i *C. alata* postoji određena razina kompeticije, te da joj sposobnost povećane tolerancije antropogenog stresa omogućuje ispunjavanje niša koje su ranije bile zauzete od strane *C. alata* (Yasuhara i sur., 2003). Obalni ekosustav karakteriziraju česti poremećaji koji utječu na strukturu ekoloških zajednica uklanjanjem utvrđenih vrsta i omogućavanjem odbjeglim vrstama da koloniziraju poremećeno područje.



Slika 10. Vertikalna promjena populacija *Callistocythere alata* i *Bicornucythere bisanensis* u zaljevu Hiroshima. Promjene u veličini populacija su vidljive kod veličina s više od 50 jedinki u uzorku. Preuzeto i prilagođeno iz: Yasuhara i sur., 2003.

Negativni klimatski procesi i promjene u okolišu postaju sve češći u obalnim zaljevima i estuarijima, ugrožavajući floru i faunu porastom razine mora i degradacijom okoliša (Yasuhara i sur., 2012). Činjenica da marinski okoliš ima stopu sedimentacije za 1-2 reda veličine veće od onih u dubokom moru čini ta područja idealnim za provedbu istraživanja Ostracoda kao bioindikatora projmene obalnog mora. Istraživanje provedeno u Sjedinjenim Državama na pordučju zaljeva Chesapeake povezuje ekologiju ljuskara s višestoljetnim klimatskim i kemijskim promjenama na području zaljeva te nastoji razlikovati prirodne klimatske oscilacije od antropogenih utjecaja na tom lokalitetu. Ekosustav zaljeva Chesapeake narušen je 1980-ih godina pojavom sezonske anoksije i hipoksije. Iako se smatra da je za osiromašenje kisika bila zaslužna primjena fosfata i nitrata u svrhu poljoprivrede, podaci o praćenju kakvoće vode obuhvaćaju samo posljednjih 20 godina, zbog čega postaje nejasno je kako je prirodno iscrpljivanje kisika variralo i u kojoj je mjeri hipoksija utjecala na bentoske zajednice zaljeva. Iz tog razloga su ljuskari bili korisni za odvajanje prirodnih pojava unutar ekosustava od

ljudskog utjecaja. Proučavani su trendovi učestalosti 7 vrsta Ostracoda u posljednjih 700 godina analizom sedimenta mezohalinog područja u (Slika 11) uz rijeku Patuxent. Na slici su primjetne velike oscilacije kod vrsta osjetljivih na salinitet, ponajviše kod *Actinocythereis captionis* Hazel, 1983, *Pellucistoma magniventra* Edwards, 1944, i *Loxoconcha* sp. Sars, 1866. Takve promjene sugeriraju da se radi o vremenskim okvirima od 40-80 godina tijekom kojih se javljaju promjene u količini precipitacije i otjecanja vode u zaljev, što za posljedicu ima drastične promjene u salinitetu.

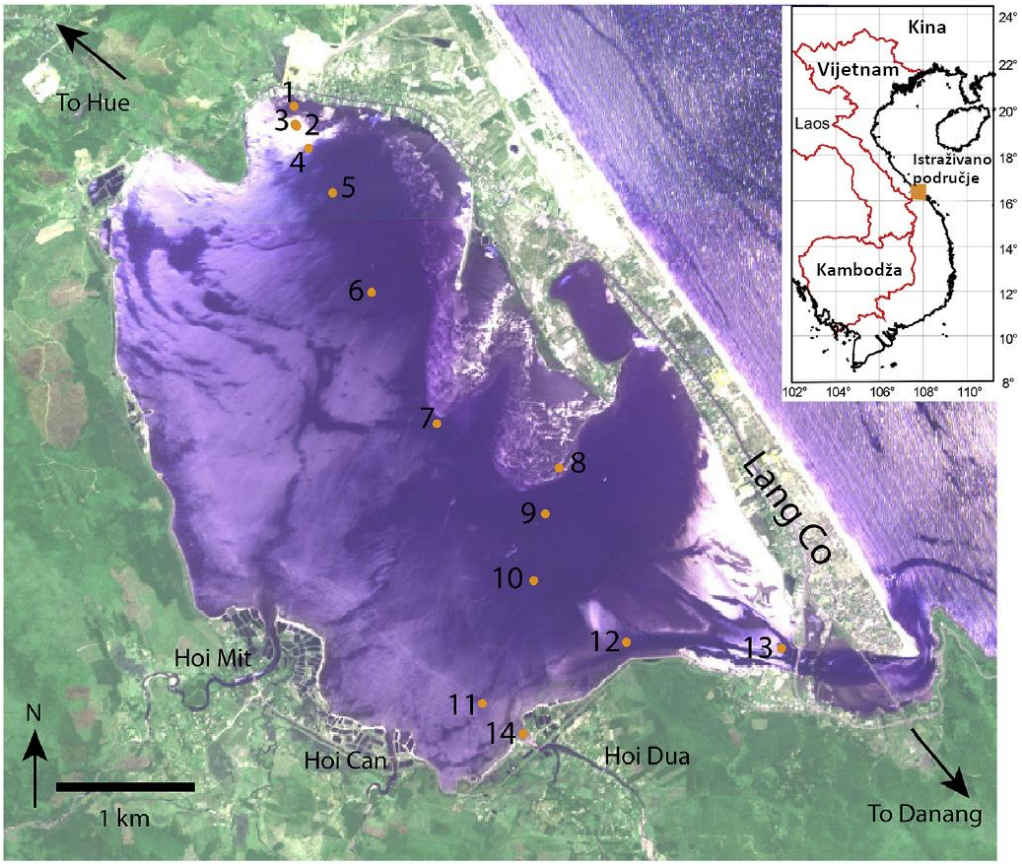


Slika 11. 700-godišnji zapis učestalosti pojave određenih vrsta Ostracoda iz uzorka PTXT-2 u zaljevu Chesapeake, koji pokazuje povezanost razine saliniteta, sezonske precipitacije i otjecanja te antropogeni utjecaj unosa hranjivih tvari i sezonske hipoksije. Preuzeto iz: Cronin i sur., 2002.

Tijekom kasnog 17. i 18. stoljeća traje razdoblje povećane količine oborina, što uzrokuje smanjenje saliniteta, koje se očituje u velikom trajnom porastu populacija vrste *Perissocytheridea brachyforma* Swain, 1955, u zaljevu. Uz promjenu faune uzrokovane oborinama, iz sedimentnog zapisa očitane su dvije promjene u ekosustavu antropogenog

utjecaja. Porast učestalosti *Leptocythere nikraveshae* Morales, 1966, u drugoj polovici 19. st., vrste koja je tolerantna na visoke razine zamućenosti vode, ukazuje na povećanu eroziju tla, povezanu s krčenjem zemljišta. Povećavano ispuštanje sedimenata uzrokovalo je smanjenje bistrine vode, što je rezultiralo smanjenjem raznolikosti vrsta i promjenom ekosustava. Krajem 20. stoljeća povećanom uporabom gnojiva dolazi do osiromašenja kisika i anoksije u glavnom kanalu zaljeva, što se može razabrati iz promjene u populacijama Ostracoda. *Cytheromorpha curta* Edwards, 1944, vrsta tolerantna na niske razine otopljenog kisika uspostavila je nadmoć nad prethodno dominantnim vrstama *Loxoxoncha* sp. i *Cytheromorpha newportensis* R. B. Williams, 1966 (Cronin i sur., 2002). Bitno je za naglasiti da se usprkos antropogenim utjecajima na okoliš događaju prirodne promjene unutar ekosustava, poput promjene saliniteta ili razina zamućenja, koje mogu naštetiti jednoj skupini, a biti od koristi drugoj skupini organizama. Uspoređivanje populacija ljuskara u takvim situacijama može biti od iznimne koristi u razlikovanju prirodnih od ljudskih pojava.

Najnovije istraživanje provedeno 2021. u središnjem Vijetnamu, na području lagune Lap An, primjenjuje metode bioindikacije okoliša pomoću Ostracoda na 14 lokaliteta diljem lagune (Slika 12), gdje antropogeni pritisak uzrokovan prehrambenom industrijom, otpadnim vodama i turizmom iz okolnih naselja postaje sve veći. Cilj istraživanja bio je ispitivanje primjene Ostracoda kao bioindikatora onečišćenja i opažanje reakcija ljuskara na fizikalno-kemijske promjene u laguni. Na 14 ispitanih lokaliteta determinirano je 79 vrsta unutar 49 rodova, od kojih su svi bili marinski Ostracoda. Sedimentni uzorci s prikupljenih područja raspoređeni su u 4 biofacijesne skupine s karakterističnim vrijednostima za salinitet, veličinu zrna sedimenta, ukupnu količinu organskog ugljika, organske tvari i koncentracije teških metala.



Slika 12. Karta lagune Lap An u središnjem Vijetnamu s prikazom rasporeda lokaliteta uzorkovanja (crni brojevi) Ostracoda kao bioindikatora kvalitete okoliša. Preuzeto i prilagođeno iz: Tan i sur., 2021.

Ljušture odraslih i juvenilnih jedinki pronađene su na svim lokalitetima, osim u području izlaza iz lagune, gdje su pronađene samo odrasle osobe. Većina ljuštura bila je visoko kalcificirana, bez uočenih morfoloških anomalija, što se se može pripisati visokoj razini ukupne količine uglijka. Koncentracije bakra (Cu), mangana (Mn) i cinka (Zn) na većini nalazišta ukazuju na onečišćenje lagune antropogenim aktivnostima. Na mjestu 11 nije bio pronađen niti jedna jedinka, a na mjestu 14. pronađena su samo dvije ljušture. Tri najzastupljenije vrste bile su *Caudites huyeni* Ho, 1982, *Spinileberis quadriaculeata* Brady, 1880 i *Tanella gracilis* Kingma, 1948. Najmanja bioraznolikost Ostracoda registrirana je u muljevitom sedimentu s koncentracijama teških metala. *Sinocytheridea impressa* Brady, 1869, pokazala se indikatorom zagađenog okoliša u laguni (Tan i sur., 2021). Iako samo područje nije pokazalo kritične razine onečišćenja, kontinuirano odlaganje otpada i litoralizacija može u kratkom vremenu uzrokovati nepovratnu štetu ekosustavu u laguni, zbog čega je periodično praćenje faune Ostracoda od iznimne važnosti.

5. Zaključak

Iako je mogućnost iskorištavanja Ostracoda kao pouzdanih bioindikatora kvalitete okoliša postojala još u drugoj polovici 20. stoljeća, njena primjena se ozbiljno počela razmatrati prije otprilike 20 godina, što je u skladu sa sve jasnijim spoznajama oko klimatskih promjena i čovjekovog utjecaja na okoliš. Prednost primjene ovih organizama za kontrolu i proučavanje okoliša prvenstveno se krije u njihovoj rasprostranjenosti. Sva vodena tijela na Zemlji služe kao stanište za ljuskare. Njihova brojnost u tim vodenim tijelima olakšava metode prikupljanja i kvantitativne analize uzoraka. Geološka prošlost Ostracoda, koja seže sve do silura, služi kao alat za rekonstrukciju paleookoliša i klimatske prošlosti, a usporedbom tih analiza sa suvremenim klimatskim promjenama moguće je determinirati buduće oscilacije u biosferi. Dodatan razlog sve češće primjene Ostracoda je povoljna ekonomska isplativost, tj. lakoća uzorkovanja i provedbe eksperimenata nad organizmima, ali i relativno brzo vrijeme oporavka, što omogućava višegodišnja praćenja. Istraživanja provedena na ljuskarima u pogledu antropogenog utjecaja na okoliš pokazuju kako je njihov odgovor na fizikalno-kemijske promjene bitan indikator kvalitete ekosustava. Kontaminacije vode teškim metalima, naftom, gnojivima i otpadnim vodama različito utječu na brojnost i raznolikost Ostracoda. Determinacijom vrsta i utvrđivanjem brojnosti može se zaključiti kolika je razina negativnog utjecaja koju čini čovjek industrijskom aktivnošću i urbanim razvojem, pod cijenu devastacije i smanjivanja bioraznolikosti.

6. Literatura

Altaff, K., Sugumaran, J., & Naveed, M. S. (2005). Impact of tsunami on meiofauna of Marina beach, Chennai, India. *Current Science*, 89(1), 34-38.

Barnes, R. D. (1982). Invertebrate zoology. Philadelphia, Pa: Saunders College.

Bodergat, A. M., Ikeya, N., & Irzi, Z. (1998). Domestic and industrial pollution: use of ostracods (Crustacea) as sentinels in the marine coastal environment. *J. Rech. Oceanogr.*, *23*(4), 139-144.

Brautović, I., Bojanić, N., Vidjak, O., Grbec, B., & Zovko, B. (2018). Composition and distribution patterns of marine planktonic ostracods (Crustacea, Ostracoda) in the Adriatic Sea - a historical perspective. *Acta Adriatica, 59*, 71-90.

Coimbra, J. C., & Bergue, C. T. (2003). A new recent marine Ostracoda species (Hemicytheridae) from Brazil. *Iheringia. Série Zoologia*, *93*, 243-247.

Cronin, Thomas & I, Boomer & Dwyer, G. & Rodriguez-Lazaro, Julio. (2002). Ostracoda and Paleoceanography.

Cronin, T., & Dwyer, G. (2003). Deep Sea Ostracodes and Climate Change. *The Paleontological Society Papers, 9*, 247-264.

Dall'Antonia, B. (2003). Deep-sea ostracods as indicators of palaeoceanographic changes: a case history from the middle–late Miocene of southern Italy (Central Mediterranean). *Terra Nova*, *15*(1), 52-60.

Griffiths, H., & Evans, J.G. (1992). A simple notation scheme to describe time-averaged ostracod assemblages (Crustacea, Ostracoda) by their taxonomic composition. *Journal of Micropalaeontology, 11*, 31 - 35.

Habdija I., Primc Habdija B., Radanović I., Špoljar M., Matoničkin Kepčija R., Vujčić Karlo S., Miliša M., Ostojić A., Sertić Perić M. (2011). Protista – Protozoa; Metazoa – Invertebrata. 1. izdanje. *Alfa d.d.*, Zagreb, 216-279.

Hajek-Tadesse, V., Ilijanić, N., Miko, S. & Hasan, O. (2018). Holocene Ostracoda (Crustacea) from the shallow Lake Vrana (Dalmatia, Croatia) and their paleoenvironmental significance. *Quaternary international*, *494*, 80-91

Holmes, J. A. (1992). Nonmarine ostracods as Quaternary palaeoenvironmental indicators. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, *16*(4), 405–431.

Holmes, J. A., & Chivas, A. R. (2002). The Ostracoda: applications in Quaternary research. *Washington DC American Geophysical Union Geophysical Monograph Series*, *131*.

Horne, D. (2007). A Mutual Temperature Range method for Quaternary palaeoclimatic analysis using European nonmarine Ostracoda. *Quaternary Science Reviews, 26*, 1398-1415.

Horne, D., Holmes, J., Rodriguez-Lazaro, J. & Viehberg, F. (2012). Ostracoda as Proxies for Quaternary Climate Change. *Development in Quaternary Science*. 17.

Horne, D., Cohen, A., & Martens, K. (2013). Taxonomy, Morphology and Biology of Quaternary and Living Ostracoda. Geophysical monograph, 131, 5-36.

Iglikowska, A., & Namiotko, T. (2012). The Impact of Environmental Factors on Diversity of Ostracoda in Freshwater Habitats of Subarctic and Temperate Europe. *Annales Zoologici Fennici*, 49.

Karanovic, I. (2012). Recent Freshwater Ostracods of the World. *Springer Berlin Heidelberg.*

Maddocks, R. (2000). The Antennule in Podocopid Ostracoda: Chaetotaxy, Ontogeny, and Morphometrics. *Micropaleontology, 46*, 1-72.

Martens, K. (1998). Diversity and endemicity of Recent non-marine ostracods (Crustacea, Ostracoda) from Africa and South America: a faunal comparison, *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen*, 26:4, 2093-2097

Martens, K., Schön, I., Meisch, C., & Horne, D. (2008). Global diversity of ostracods (Ostracoda, Crustacea) in freshwater. *Hydrobiologia, 595*, 185-193.

Narciso, Á, Flores, J., Cachão, M., Piva, A., Asioli, A., Andersen, N., & Schneider, R. (2012). Late Glacial–Holocene transition in the southern Adriatic Sea: Coccolithophore and Foraminiferal evidence. *Micropaleontology, 58*(6), 523-538.

Namiotko, T., Dan, L., & Baltanás, Á. (2011). Soft body morphology, dissection and slide-preparation of Ostracoda: a primer. *Joannea - Geologie und Palaontologie.* 327-343.

Parameswari, E., Davamani, V., Kalaiarasi, R., Ilakiya, T., & Arulmani, S. (2020). Utilization of Ostracods (Crustacea) as Bioindicator for Environmental Pollutants. *International Research Journal of Pure and Applied Chemistry*, 73-93.

Pint, A., & Frenzel, P. (2016). Ostracod fauna associated with *Cyprideis torosa* – an overview. *Journal of Micropalaeontology, 36*, 113 - 119.

Poquet, J. M., Mezquita, F., Rueda, J., & Miracle, M. R. (2008). Loss of Ostracoda biodiversity in Western Mediterranean wetlands. *Aquatic conservation: Marine and Freshwater ecosystems*, *18*(3), 280-296.

Reed, J., Mesquita-Joanes, F., & Griffiths, H. (2012). Multi-indicator conductivity transfer functions for Quaternary palaeoclimate reconstruction. *Journal of Paleolimnology, 47*, 251-275.

Ruiz, F., Abad, M., Bodergat, A. M., Carbonel, P., Rodríguez-Lázaro, J., & Yasuhara, M. (2005). Marine and brackish-water ostracods as sentinels of anthropogenic impacts. *Earth-Science Reviews, 72*(1-2), 89-111.

Ruiz, F., Abad, M., Cáceres, L. M., Vidal, J. R., Carretero, M. I., Pozo, M., & González-Regalado, M. L. (2010). Ostracods as tsunami tracers in Holocene sequences. *Quaternary Research, 73*(1), 130-135.

Ruiz, F., González-Regalado, M.L., Galán, E., González, M.I., Prudencio, M.I., Dias, M.I., Abad, M., Toscano, A., Prenda, J., & García, E. (2012). Benthic foraminifera as bioindicators of anthropogenic impacts in two north African lagoons: a comparison with ostracod assemblages. *Revista Mexicana De Ciencias Geologicas, 29*, 527-533.

Ruiz, F., Abad, M., Bodergat, A. M., Carbonel, P., Rodríguez-Lázaro, J., González-Regalado, M. L. & Prenda, J. (2013). Freshwater ostracods as environmental tracers. *International Journal of Environmental Science and Technology*, *10*(5), 1115-1128.

Siveter, D., Briggs, D., Siveter, D.J., & Sutton, M. (2010). An exceptionally preserved myodocopid ostracod from the Silurian of Herefordshire, UK. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 277*, 1539 - 1544.

Schneider, A., Wetterich, S., Schirrmeister, L., Herzschuh, U., Meyer, H., & Pestryakova, L. (2016). Freshwater ostracods (Crustacea) and environmental variability of polygon ponds in the tundra of the Indigirka Lowland, north-east Siberia. *Polar Research, 35*.

Tan, C.W., Gouramanis, C., Pham, T., Hoang, D., & Switzer, A. (2021). Ostracods as pollution indicators in Lap An Lagoon, central Vietnam. *Environmental pollution, 278*, 116762 .

Titterton, R., & Whatley, R. (1988). The Provincial Distribution of Shallow Water Indo-Pacific Marine Ostracoda: Origins, Antiquity, Dispersal Routes and Mechanisms. *Developments in Palaeontology and Stratigraphy*, *11*, 759-786.

Wetterich, S. (2008). *Freshwater ostracods as bioindicators in Arctic periglacial regions* (Doctoral dissertation, Universität Potsdam, 2008)

Williams, M., Siveter, D., Salas, M.J., Vannier, J., Popov, L., & Pour, M.G. (2008). The earliest ostracods: the geological evidence. *Senckenbergiana lethaea*, *88*, 11-21.

Yasuhara, M., Yamazaki, H., Irizuki, T., & Yoshikawa, S. (2003). Temporal changes of ostracode assemblages and anthropogenic pollution during the last 100 years, in sediment cores from Hiroshima Bay, Japan. *The Holocene*, *13*(4), 527-536.

Yasuhara, M., Hunt, G., Breitburg, D., Tsujimoto, A., & Katsuki, K. (2012). Human-induced marine ecological degradation: micropaleontological perspectives. *Ecology and evolution*, *2*(12), 3242-3268.

Yasuhara, M., Stepanova, A., Okahashi, H., Cronin, T. M., & Brouwers, E. M. (2014). Taxonomic revision of deep-sea Ostracoda from the Arctic Ocean. *Micropaleontology*, 399-444.

Zarikian, C. A. A. (2013). Ostracoda in Deep Ocean Cenozoic Paleoceanography: From Regions of Deep Water Formation to Ultraoligotrophic Environments. *Il Naturalista Siciliano*, *37*, 35-38.

7. Sažetak

Ljuskari, rakovi koji pripadaju nadrazredu Oligostraca, rasprostranjeni su i prilagođeni za život u gotovo svakom vodenom okolišu. Njihova geografska raširenost, uz veliku paleološki značaj, za koju postoje brojni dokazi u obliku fosiliziranih ostataka ljuštura, ukazuju na veliku raznolikost vrsta unutar skupine Ostracoda. Upravo je bioraznolikost i specijacija na specifična staništa dovelo do pojave određenih skupina i vrsta koji služe kao bioindikatori u određenim okolišima, što je i tema ovog rada. Poseban naglasak stavlja se na određene događaje u holocenu, te antropološki učinak na okoliš u kojem obitavaju ljuskari, kao i njihova uloga u određivanju starosti sedimenta s obzirom na klimatološke i geološke događaje.

8. Summary

Ostracods, crustaceans belonging to the Oligostraca superclass, are widespread and adapted to life in almost any aquatic environment. Their geographical distribution, along with a great paleological past, for which there is ample evidence in the form of fossilized shell remains, indicates a large number of species within the Ostracoda group. It is this branching of species that has led to the emergence of certain groups and species that serve as bioindicators in certain environments, which is the topic of this paper. Special emphasis is placed on certain events in the Holocene, and the anthropological effect on the environment inhabited by ostracods, as well as their role in determining the age of sediment with respect to climatological and geological events.

9. Životopis

Obrazovanje

The American International School, Vienna, Austria	2002. – 2003.
Osnovna škola Ivana Gundulića, Zagreb	2003. – 2011.
Gimnazija Tituša Brezovačkog, Zagreb	2011. – 2015.
Preddiplomski sveučilišni studij kemije, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb	2015. – 2018.
Preddiplomski sveučilišni studij Znanosti o okolišu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb	2018. – 2021.

Iskustvo

Volontiranje na Danu otvorenih vrata na Kemijskom odsjeku PMF-a — Travanj 2017.

Voditelj raznih edukativnih radionica za djecu — Kolovoz 2018. – Kolovoz 2021.

Vođenje promotivnih radionica organiziranih u cilju popularizacije znanosti (kemije, matematike, fizike i biologije) u Udruzi ljubitelja Harryja Pottera „Ministarstvo Magije Hrvatska“

Volontiranje na Danu otvorenih vrata na Biološkom odsjeku PMF-a — Travanj 2019.

Volontiranje u Udruzi Hyla — Svibanj 2021. – Kolovoz 2021.

Terensko istraživanje u herpetološkoj sekciji u sklopu udruge BIUS u Parku prirode Žumberak — Svibanj 2021.