

kerozin. Pri tome su uspjeli sniziti razinu sumpora za preko 99 %. Autori predlažu da bi njihov postupak trebalo integrirati u proces desulfurizacije u rafinerijama nakon HDS postupka, što bi bilo ekonomično i čišće, za okolinu pogodno rješenje uklanjanja sumpora iz goriva. I. J.

Materijali priređeni pomoću mikrovalova

Kemičari na Sveučilištu u Münchenu, Njemačka, priredili su novi porozni materijal koji se može dehidrirati bez utjecaja na strukturu. Oni su priredili koloidne aluminofosfate u nano-dimenzijama zračenjem otopine Al_2O_3 i P_2O_5 u određenom omjeru pomoću mikrovalova. Dobiveni aluminofosfat može se dehidrirati, a da pri tome ne dođe do promjene njegove strukture. Materijali kontrolirane strukture, morfologije i veličine mogu se upotrijebiti za izradu dvo- i trodimenzionalnih konstrukcija, filmova, vlakana i dr. Porozni filmovi mogu se primijeniti za mikrosenzore ili u poluvodičima. I. J.

Bakterijska proizvodnja terpena

Obećavajući lijek protiv malarije je artemisinin, no njegova proizvodnja je ograničena jer se teško sintetizira, a ekstrakcija iz prirodnog izvora pelina (*Artemisia absinthium*) je skupa. Sada su kemičari na University of California, Berkeley, SAD, predložili alternativnu metodu proizvodnje artemisinina pomoću genetskim inženjeringom modificiranih bakterija, koje ga mogu masovno proizvoditi. Znanstvenici su u bakteriju *Escherichia coli* ugradili gene kvasaca i biljaka za proizvodnju blokova za izgradnju izoprenoida, koje biljka pelin koristi za proizvodnju artemisinina. Nakon toga su u bakteriju dodali i gen pelina, koji te blokove pretvara u amorfadien, preteču artemisinina. *E. coli* koja je sadržavala sve te gene proizvodila je velike količine amorfadiena. Znanstvenici sada rade na nastavku inženjerskog puta biosinteze za pretvorbu amorfadiena u artemisinin. Oni se nadaju da će zamjenom gena za amorfadien s drugim genima terpen sintaze moći biosintetizirati i druge terpenke lijekove. I. J.

zaštita okoliša

Uređuje: Vjeročka Vojvodić

Klimatske promjene i plankton u moru

Iz časopisa **Trends in Ecology and Evolution** (Vol. 20, No. 6 od lipnja 2005) prenosimo dijelove članka (II. dio) o promjeni klime i planktonskim zajednicama te posljedicama promjene klime za život u moru autora Graemea C. Haysa, Anthonya Richardsons i Carol Robinson.

U završnom predstavljanju (II. dio) ovog članka dan je povijesni pregled ispitivanja planktona, opisani su problemi s dugoročnim serijama podataka istraživanja planktona, biogeokemijski istraživački programi, implikacije promjene klime na ribarstvo kao i načini za napredak istraživanja planktona širom svijeta.

Biogeokemijski istraživački programi

Nepoznati učinci planktonske aktivnosti mogu biti ključni za sveukupnu brzinu klimatskih promjena, pa razrješavanje tih nepoznanica ima visoko mjesto na ljestvici interesa biogeokemičara. Dva međunarodna, nedavno inicirana biogeokemijska istraživačka programa imaju cilj unaprijediti saznanja o posljedicama promjena u okolišu kao što je porast koncentracije CO_2 dospjelog u atmosferu ljudskim djelatnostima. Programi su dostupni na internetskim stranicama pa je prvi s nazivom "**Surface Ocean Lower Atmosphere Study (SOLAS)**" dostupan na adresi: <http://www.uea.ac.uk/env/solas/>, dok je drugi s nazivom "**Integrated Marine Biogeochemistry Ecosystem Research (IMBER)**" dostupan na adresi: <http://www.imber.info/>. Programi su dodatno financirani putem "**International Geosphere Biosphere Programme (IGBP)**", internetska adresa: <http://www.igbp.kva.se/> te od "**Scientific Committee on Oceanic Research (SCOR)**", adresa: <http://www.jhu.edu/~scor/>. Ti će programi obuhvatiti praćenje promjena sadržaja CO_2 u površinskom sloju mora te aktivnosti planktona na maloj i velikoj vremenskoj skali kao i eksperimente u velikom okruženom prostoru ili "mezokozmosu" zajednica planktona koji

su ovisni o promjenama koncentracija CO_2 . U jednoj odvojenoj inicijativi Kraljevsko društvo u Velikoj Britaniji kritički je ispitalo posljedice povećane kiselosti na život u moru. Adresa na kojoj su o tome dostupne informacije je: <http://www.royalsoc.ac.uk/>.

Posljedice klimatskih promjena na ribarstvo

Zajedno s ukazivanjem na promjene klime i načine djelovanja tih promjena, reorganizacije planktonskih zajednica mogu također imati dramatične socioekonomske učinke nepovoljno utječući na ribarstvo. Za vrijeme početnog razvojnog ciklusa (stadij larve) sve ribe hrane se zooplanktonom, a neke se ribe kao na primjer lokarda *Scomber scombrus* i kasnije, kao odrasle nastavljaju hraniti zooplanktonom. Smatra se da je sinkronizacija između pika brojnosti planktona i dolaska ribljih larvi u planktonske zajednice (takozvana "match-mismatch" hipoteza) od bitne važnosti za preživljavanje ribljih larvi. Premda su pojedinosti te veze tek otkrivene, smatra se da brojnost i vrijeme pojavljivanja mezozooplanktona može utjecati na razvojne stadije riba.

Na primjer, mjerenja brojnosti mezozooplanktona u šezdesetim i sedamdesetim godinama prošlog stoljeća u priobalnim vodama Perua koje su pod utjecajem ENSO-a ukazala na trend opadanja u tom dugom vremenskom razdoblju koja su se mogla povezati s smanjenjem ulova srdela. Ispitivanja sastava zajednica u tom razdoblju nisu bila dio programa. Međutim, oporavak ribljeg fonda u tom području samo se djelomično može objasniti nedavnim mjerenjima koja ukazuju na porast brojnosti mezozooplanktona. Može biti da su neke posebne komponente zajednice mezozooplanktona dovele do oporavka ribljeg fonda, pa su s ciljem objašnjenja te mogućnosti postojeći uzorci planktona ponovo analizirani. S velikim interesom za očuvanjem riba iz porodice bakalara (*Gadus morhua*) i drugih vrsta povezana su i istraživanja planktona u Sjevernom moru koja se obavljaju već dugi niz godina, pa su dostupni mnogobrojni podaci o planktonskim zajednicama na tom području. Usprkos velikom izlovljavanju brojnost tih riba je tije-

kom sedamdesetih porasla. Detaljna analiza planktona pokazala je da pojavi značajnog porasta brojnosti riba u Sjevernom moru odgovara promjena dominantnih jedinki kopepoda (zooplankton). Za vrijeme “eksplozije” vrste, u dijelu godine kad se larve balalara razvijaju veći su kopepodi zamijenili manje jedinke. Vjeruje se da je ta dostupnost veće količina hrane prouzročila takav trend u Sjevernom moru. U posljednje vrijeme brojnost je tih riba slabije izražena, što se pripisuje ponovnom pojavljivanju sitnih kopepoda. Također postoje čvrsti dokazi da je povratak lososa *Salmon salar* u vode sjevernog Atlantika, gdje je i prije obitavao povezan s dostupnošću planktona mlađi lososa. Poruka tih studija je vrlo jasna: dugoročne promjene planktona mogu imati značajan utjecaj na komercijalni riblji fond u moru.

Put za napredak: objedinjavanje saznanja o planktonu širom svijeta

Nedavne su studije osvijetlile mučnu činjenicu o tome kolik utjecaju promjena klime može imati na planktonske zajednice. Globalnim usporedbama vremenskih razdoblja približili smo se važnom probou u našem razumijevanju utjecaja klime na plankton. Postoji nekoliko razloga koje potiču na optimističku procjenu, uključujući dostupnost dugoročnih nizova podataka o planktonu, pristupačnost nizovima podataka o sveukupnom okolišu, inovativne tehnike sinteze kao i nove inicijative na globalnoj razini.

Što su dulje, vremenske serije postaju vrednije. Mnoge takve, dobro utemeljene dugoročne serije podataka kao što je na primjer CalCOFI (California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations) na postajama PAPA u SAD-u i Odete u Japanu te neprekidno praćenje planktona (Continuous Plankton Recorder – CPR) u Sjevernom Atlantiku protežu se na vremensko razdoblje od pedeset godina. Neke biogeokemijske dugoročne serije u okviru programa kao na primjer Bermuda Atlantic Time-series (BATS) i Hawaii Ocean Time-series (HOT) sad se izvode već više od deset godina.

Povijest kontinuiranog istraživanja planktona

Tipični uređaj za uzorkovanje planktona sastoji se od prstenaste mreže koja se okomito, ukošeno ili horizontalno polagano poteže kroz morsku vodu. Prvi uzorkovani plankton koji je 1928. godine skupljao veterinar Vaughan Thompson sastojao se od larvi račića u lupara (školjkaša). Rani radovi u 19. stoljeću ukazivali su na jednoličnu raspodjelu zooplanktona u oceanskim vodama, a neke utvrđene razlike pripisivane su upotrebi različitih tipova planktonskih mrežica. Mišljenje o jednolikoj raspodjeli planktona zadržalo se sve do dvadesetih godina prošlog stoljeća kad je Alister Hardi osmislio novi pristup uzorkovanju.

Hardly je 1926. godine za vrijeme ekspedicije Discovery po Antarktiku kontinuirano pratio brojnost fitoplanktona i zooplanktona te je utvrdio vrlo izražen diskontinuitet pojavljivanja tih organizama. Osmišljen je novi uređaj CPR (Continuous Plankton Recorder) za kontinuirano praćenje planktona koji i danas služi istim svrhama. Ti se uređaji, koji su izuzetno trajni i izdržljivi za upotrebu u raznim uvjetima tegle uz površinu mora na odabranim istraživačkim profilima dugim nekoliko tisuća kilometara. Plankton se pri tome skuplja na filtracijskoj svili. Danas je CPR temeljni uređaj za najveća istraživanja planktona u svijetu – 191 112 uzoraka skupljeno je u sjevernom Atlantiku na profilima dužim od pet milijuna nautičkih milja (približno 30 putovanja do Mjeseca i natrag). U svakom uzorku nađeno je oko 450 fitoplanktonskih i zooplanktonskih vrsta i mnoga sadašnja saznanja o utjecaju promjene klime na niže trofičke razine potječu od tog istraživačkog poduhvata.

Snaga CPR nalazi se u jedinstvenoj sposobnosti učestalog skupljanja uzoraka na velikoj prostornoj skali s broda bilo

koje vrste jer za taj način skupljanja uzoraka nije nužan velik i skup istraživački brod. Mnoga ispitivanja planktona na velikim prostorima obično se iz financijskih razloga vežu uz istraživanja ribljevog fonda, pa se to obično radi jedan put u godini dana, dok se uzorci koje se učestalije skupljaju (tjedno i mjesečno) obično uzimaju u priobalnom području koje karakteriziraju lokalni procesi. Danas je dostupno i satelitsko praćenje mriještenja riba u sjevernom Pacifiku i u budućnosti će se proširiti i na druga područja.

Kao odgovor na potrebu unapređivanja praćenja globalnih promjena došlo je do ekspanzije u broju i tipu istraživanja vremenskih serija prikazanih u tablici koju u cijelosti, bez prevodenja sadržaja prenosimo iz rada.

Tako na primjer američki Volunteer-Observing-Ship (VOS) procjenjuje novu mjeru otopljenog CO₂ u površinskom sloju mora, a s Atlantic Meridional Transect (AMT) programom kombinira dva puta godišnje ekološka i biogeokemijska mjerenja na 13 000 km dugom transektu. Novi pristupi također se ostvaruju skupljanjem i uspoređivanjem sinoptičkih *ad hoc* skupljenih pregleda u velikim nacionalnim i internacionalnim bazama podataka kao što je National Oceanographic Data Center (NODC), ICES Oceanographic Database, British Oceanographic Data Centre te novi Coastal and Oceanic Plankton Ecology, Production and Observation Database (COPE-POD). Više je podataka pridodano tim bazama putem inicijative za digitaliziranje povijesnih podataka te kroz odredbe mnogih vladinih agencija za financiranje da se arhiviraju podaci na račun javnih troškova. Premda postoje ograničenja za te “arheološke podatke”, ipak su nizovi podataka koji su postali dostupni za mnoge biotičke i abiotičke parametre obećavajući.

Sad su također lako dostupni i pokazatelji klime na velikoj skali zajedno s informacijama o okolišu na lokalnoj razini. Ispitivanja na velikoj skali ukazuju na varijabilnost sustava klima (koji su često temeljeni na mjerenjima atmosferskog tlaka i ponekad na agregaciji varijabli okoliša) kao što je NOA (North Atlantic Oscillation), NOI (Northern Oscillation Index), PDO (Pacific Decadal Oscillation) i SOI (Southern Oscillation Index). Ti su podaci dostupni na internetskim adresama koje su prikazane u tablici. Pogonski kotač bioloških oscilacija na velikoj skali djeluje kroz lokalnu hidrologiju i meteorologiju kao što je temperatura površine mora, vjetar i razina oceana, dakle svi parametri koje se prate pomoću satelita ili se u posljednje vrijeme automatski bilježe pomoću uređaja na plutućama raspoređenim u oceanima. Prema tome, ti pokazatelji mogu se primijeniti na lokalne uvjete koji utječu na planktonske zajednice. Najcjelovitija baza podataka o kontroli kvalitete okoliša nalazi se u Comprehensive Ocean-Atmosphere Data (ICOADS), u kojoj su nalaze podaci od 1860. do 2002. godine.

Integriranjem podataka dugoročnih bioloških istraživanja s podacima o okolišu koji su dostupni u navedenim bankama podataka omogućava se bolji uvid u globalne posljedice promjene klime na biotu u oceanima. Smatra se da je najbolje takav komparativni pristup primijeniti umnožavanjem testova o odnosima u okolišu koji se temelje na provođenju istih analiza na različitim područjima i kombiniranjem tih rezultata na jednako statistički vrijedan način. Taj tip meta-analiza može se uzeti za odgovor na pitanja koja se odnose na veličinu nekog učinka te jesu li odnosi pozitivni ili negativni. Meta-analiza je moćna metoda za sintezu kvantitativnih rezultata i ima široku primjenu u ekologiji.

Premda su novije studije ukazivale na vidljive utjecaje klime na plankton, sustavna uspoređivanja tih opažanja na globalnoj razini, ili barem u području oceana, još uvijek nisu napravljena, te se smatra da je nedostatak podataka jedan od glavnih zapreka za ostvarenje tog cilja. Nadu pruža poboljšanje poslije 2005. godine i financiranja nove grupe CSOR Workong Group on Zooplankton Time Series Analysis. Grupa je specifično usmjerena na klimatske utjecaje na zooplankton uz globalni komparativni pristup. Takav internacionalni pristup osigurat će snažan poticaj za bolje razu-

T a b l i c a 1 – Sažetak oceanoloških bioloških, kemijskih i fizikalnih serija podataka

T a b l e 1 – Summary of oceanic biological, chemical and physical data sets

Ime Name	Lokacija Location	Opis Description	Razdoblje Temporal coverage	Internetska adresa Website
Atlantic Meridional Transect (AMT)	UK–South Atlantic	Physical, chemical and biological data, including bacterio-, phyto- and zooplankton	1995–2005 (two per year)	http://www.amt-uk.org
Bermuda Atlantic Time-series Study (BATS)	Western Atlantic 31°40'N, 648°10'W	Physical, chemical and biological data, including bacterio-, phyto- and zooplankton	1988–present	http://www.bbsr.edu/cintoo/bats/bats.html
British Atmospheric Data Centre (BADC)	Global	103 atmospheric products	1800s–present	http://www.badc.nerc.ac.uk
British Oceanographic Data Centre (BODC)	Mainly Northeast Atlantic	Physical, chemical, and biological data, including phyto- and zooplankton	Various	http://www.bodc.ac.uk
California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations (CalCOFI)	Off California	Macrozooplankton biomass, physical and chemical data	1949–present (semi-annual)	http://www-mlrg.ucsd.edu/calcofi.html
Continuous Plankton Recorder (CPR) Survey	North Atlantic (30–65°N)	Near-surface phyto- and zooplankton abundance data	1931–present (monthly)	http://www.sahfos.org
Coastal and Oceanic Plankton Ecology, Production and Observation Database (COPEPOD)	Global	Listing of plankton data sets (currently 75) of phyto- and zooplankton abundance, biomass and composition. All data in a common format	Various	http://www.st.nmfs.gov/plankton/content/index.html
Hawaii Ocean Time-series program (HOT)	North Pacific Subtropical Gyre 22.75°N, 158°W	Physical, chemical and biological Data, including bacterio-, phyto- and zooplankton	1988–present	http://hahana.soest.hawaii.edu/hot/hot_jgofs.html
ICES Oceanographic Database	North Atlantic	Physical, chemical, and biological data, including phyto- and zooplankton	1800s–present	http://www.ices.dk/ocean
International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data (ICOADS)	Global (1°×1°)	Monthly temperature, wind, cloudiness, sea-level and humidity measurements	1860–2002 (monthly)	http://www.cdc.noaa.gov/coads/
National Oceanographic Data Center (NODC) Odate collection	Global	Physical, chemical, and phyto- and zooplankton data	1800s–present	http://www.nodc.noaa.gov
Pacific Decadal Oscillation (PDO)	Northwest Pacific	Zooplankton biomass	1951–1990 (monthly-seasonally)	http://www.st.nmfs.gov/plankton/index.html
Southern Oscillation Index (SOI)	North Pacific	Leading principal component of North Pacific monthly sea surface temperature variability poleward of 20°N	1900–present (monthly)	http://tao.atmos.washington.edu/pdo/
Southern Oscillation Index (SOI)	South Pacific	Monthly fluctuations in air pressure difference between Tahiti and Darwin	1876–present (monthly)	http://www.cgd.ucar.edu/cas/catalog/climind/soi.html
Station PAPA	North Pacific (50°N, 145°W)	Zooplankton biomass, and physical and chemical data	1956–present (monthly-seasonally)	http://www-sci.pac.dfo-mpo.gc.ca/osap/projects/linepdata/default_e.htm
Western English Channel (E1, L4)	English Channel 50°15'N, 04°13'W	Physical, chemical, and phyto- and zooplankton data	1988–present (weekly-monthly)	http://www.pml.ac.uk/L4/
Winter North Atlantic Oscillation (NAO) Index	North Atlantic	Difference in surface pressure anomalies between Lisbon and Reykjavik	1864–2003 (annual)	http://www.cgd.ucar.edu/jhurrell/nao.html

mijevanje utjecaja klimatskih promjena na zooplankton u budućnosti.

U radu se nalazi 65 citata, a u zaključnom dijelu članka ističe se da paralelno s intenziviranjem brige oko utjecaja promjene klime u nekoliko posljednjih desetljeća izranja i jasna slika o promjenama u ekosustavima planktona. Promjene u brojnosti planktona, strukturi zajednica, vremenu pojavljivanja sezonskih i prostornih najvećih vrijednosti s obzirom na brojnost danas su dobro dokumen-

tirane i povezane su s učincima na komercijalno ribarstvo. Međutim, ipak ostaje vidjeti kako će sama biota u oceanu utjecati na kretanja promjena klime. Sadašnji će mnogobrojni programi sustavnog praćenja planktona (monitoring programi) širom svijeta imati ulogu stražara koji će ukazivati na promjene u ekosustavima mora. Ključno je za identifikaciju tih promjena financijsko podupiranje dugoročnih ispitivanja planktona kao i projekata koji nastavljaju rad na jedinstvenim setovima podataka dobivenih tim dugoročnim istraživanjima.