

Klimatske promjene, koje postojano podižu temperature kako atmosfere tako i mora, mogle bi u doglednoj budućnosti oslabjeti procese u kojima nastaje gusta voda obogaćena kisikom, što bi moglo uzrokovati odumiranje prirodnih stanovnika dubljih dijelova Jadrana, kao i onih koji se u njima razmnožavaju, upozoravaju stručnjaci.

Ovaj problem slabljenja nastajanja guste vode zapravo se već mjestimično bilježi u nekim dijelovima našeg mora.

„Primjerice, znanstvenici javljaju da su u sjevernim hrvatskim vodama vidjeli trpove, koji inače žive na dnu, kako se očajnički penju po užadi, najvjerojatnije zbog manjka kisika“, kaže fizičarka Natalija Dunić iz Instituta za oceanografiju i ribarstvo u Splitu, jedna od koautorica dvaju novijih studija koje istražuju procese nastajanja guste vode na koje utječu dva ključna mehanizma.

Prvi mehanizam, utjecaj hladnih zima i snažnih vjetrova poput ekstremnih bura, istražila je studija objavljena u ožujku u časopisu Ocean Science. Drugi, vrtložna strujanja u Jonskom moru i utjecaje njihovih periodičkih izmjena, istražila je studija nedavno objavljena u časopisu Nature Scientific Reports. U oba istraživanja vodeću ulogu imali su hrvatski znanstvenici.

Važnost guste vode, hladnih zima i naše bure

Sjeverni Jadran je, zbog plitkoće i zatvorenosti, posebno osjetljiv na vanjske utjecaje, osobito na promjene koje utječu na protoke topline, uzgona i tvari. Znanstvenici ga smatraju sredozemnim žarištem (hotspot) klimatskih promjena jer će u budućnosti najvjerojatnije biti pod značajno većim okolišnim pritiscima od većine drugih morskih sustava. Istovremeno to područje ima širu regionalnu važnost jer u njemu zimi nastaje gusta pridnena voda (voda koja ponire do dna) koja se strujama prenosi u južni dio Jadrana i, zajedno s gustom vodom stvorenom u južnom Jadranu, izlazi u duboke slojeve Sredozemnog mora u koje prenosi kisik.

Pojednostavljeno govoreći, gustoća mora povećava se hlađenjem i isparavanjem morske površine. U tom procesu važnu ulogu imaju vjetrovi poput bure koji vodu istovremeno hlade, pospješuju njezino isparavanje te je obogaćuju kisikom. Tako nastala gušća voda ponire i širi se po dnu gotovo cijelog Jadrana, do kojeg donosi kisik i hranjive tvari. Za njezin nastanak osobito su važne hladne zime s ekstremnim prodorima bure.

Takva jedna ekstremna sezona posljednji put zabilježena je prije šest godina. Tada je tim od petnaestak oceanografa iz Hrvatske, Italije i Slovenije proveo istraživanja mora tijekom i nakon orkanske bure krajem siječnja i tijekom prve polovice veljače 2012. godine, a rezultati su objavljeni u časopisima Ocean Science, Geophysical Research Letters i Journal of Geophysical Research.

Tom prilikom zabilježene su najveće do sada poznate gustoće vode u Jadranu i u cijelom Sredozemlju od 1030,6 kg/m³ i najniža temperatura od 3,9 °C na dubini od 24 metra u Tršćanskom zaljevu. Istodobno, salinitet u sjevernom Jadranu narastao je do 38,5, što je najveća ikada zabilježena koncentracija soli u tom dijelu mora.

Te studije pokazale su da se u hrvatskom dijelu Jadrana, na potezu od Pašmana do Istre, osobito zahvaljujući vjetrovima kod Senja i Sukošana kao i kod talijanskog Trsta, stvara i do 40 % guste vode koja je od egzistencijalnog značaja za morske organizme, kako u Jadranu, tako i u istočnom Sredozemlju.

„Snažna, dugotrajna bura pokrenula je 2012. tonjenje iznimno hladne i guste vode u Tršćanskom zaljevu te njezino strujanje uz morsko dno prema južnom Jadranu. Prema procjenama tima, dosegla je brzine između 30 i 40 centimetara u sekundi, što je jako puno za morske struje, da bi kroz dva do tri tjedna došla do duboke Jabučke kotline i popunila je vodom obogaćenom kisikom. Potom je nastavila prema jugu i u naredna tri do četiri mjeseca snažno utjecala na oceanografska svojstva ne samo Jadranskog nego i istočnog dijela Sredozemnog mora“, objasnio je za Index dr. sc. Ivica Vilibić iz IZOR-a.

Crna perspektiva

U crnom scenariju, klimatske promjene, s toplijim zimama i višim prosječnim temperaturama mora, mogle bi značajno oslabjeti procese stvaranja guste vode u Jadranu, što bi pak moglo uzrokovati hipoksične (manjak kisika) pa čak i anoksične (bez kisika) uvjete pri dnu. Stoga bi se dijelovi Jadrana mogli pretvoriti u svojevrsnu mrtvu baruštinu, upozoravaju stručnjaci. Primjerice, živi svijet u području Jabučke kotline, koja je mrijestilište mnogih vrsta, uključivo vrsta hladnih mora kao što je škamp, može biti ozbiljno ugrožen porastom temperature mora i manjkom kisika.

A brojke nam ne idu u prilog. Naime, studije temperature od 1952. do 2010. na pet postaja srednjeg Jadrana pokazuju trendove podizanja površinskih temperatura za 2 do 3 °C, kao i pojačavanje raslojenosti mora. Istovremeno mjerenja u istom razdoblju pokazuju trend smanjivanja količina otopljenog kisika pri dnu za oko 20 %, kao i slabljenje opće cirkulacije Jadrana.

Dvije važne nove studije

Budući da su sjeveroistočne obale Jadrana izuzetno važne za stvaranje guste vode, a time i za održavanje zdravlja našeg mora i jugoistočnog Sredozemlja, teško je preneglasiti značaj razumijevanja procesa i trendova u njemu. Nažalost, upravo je to područje najmanje istraživani dio Jadrana.

Grupa znanstvenika iz Hrvatske i Italije zbog toga je tijekom zime i proljeća 2015. godine, „volonterski“ provela terenska istraživanja priobalnog područja na potezu od Pašmana do

Istre. „Volonterski“ znači da su za istraživanja, koja su izuzetno skupa u oceanografiji, izdvojena sredstva iz nekih drugih vlastitih nacionalnih, međunarodnih i stručnih hrvatskih i talijanskih projekata.

„Procijenjena vrijednost tih ‘volonterskih’ istraživanja, vrijednosti instrumentacije i troškova krstarenja jest preko 5 milijuna kuna, i to ne uključujući vrijednost samih dobivenih podataka“, kaže Vilibić.

U tom istraživanju, nazvanom NAdEx 2015 eksperiment (Northern Adriatic Experiment), analizirani su mjereni profili temperatura, saliniteta i morskih struja, uz uporabu nekih modernih instrumenata koje hrvatski znanstvenici nisu imali prilike koristiti jer im je cijena veća od prosječnog cjelokupnog budžeta hrvatskog istraživačkog projekta. Istraživanja su dokumentirala postojanje stvaranja guste vode u obalnom području sjevernog Jadrana kao i njen transport prema otvorenom moru, čime je dodatno potvrđen značaj bure za „provjetranje“ Jadrana. Kako smo već spomenuli, rezultati studije nedavno su objavljeni u časopisu Ocean Science.

Nova studija i mehanizam velikih vrtloga

Novija istraživanja, provedena u posljednjem desetljeću, pokazuju da je, osim snažnih bura i hladnih zima, važan dodatni pokretač procesa stvaranja gustih voda u Jadranu također i promjena smjera cirkulacije voda u sjevernom Jonskom moru. Morski vrtlog u tom području periodički mijenja smjer okretanja između anticiklonalnog (u smjeru kazaljke na satu) i ciklonalnog (u suprotnom smjeru od kazaljke na satu), što pak uzrokuje oscilacije oceanografskih svojstava u Jadranu. Taj mehanizam nazvan je Jadransko-jonska bimodalna oscilacija, gdje izbor kratice daje počast istraživačkim doajenima Instituta za oceanografiju i ribarstvo, Miljenku Buljanu i Miri Zore-Armanda, koji su prije više od 60 godina prvi primijetili snažne promjene saliniteta u Jadranu s kojima je ovaj mehanizam povezan. Anticiklonalna vrtnja oslobađa put svježijoj i manje slanoj vodi iz Atlantskog oceana prema Jadranu, čime se smanjuje jadranski salinitet, a time i stvaranje i izvoz gustih jadranskih vodenih masa. Posljedica toga je postupna promjena smjera cirkulacije u sjevernom Jonskom moru u ciklonalnu vrtnju, koja potom favorizira ulazak slanije levantinske vode u Jadran, čime se povećava stvaranje i izvoz gustih voda. To pak rezultira novom promjenom smjera cirkulacije nazad u anticiklonalni. Sve to kreće se u krug s dekadskim periodom, što utječe na varijabilnost termohalinih (temperature i salinitet) svojstava Jadranskog mora, kako južnog tako i sjevernog. Kako su vode zapadnog Sredozemlja bogatije hranjivim solima od voda istočnog Sredozemlja, pokazano je da BiOS ima snažan utjecaj i na biogeokemijski ciklus te na živi svijet Jadrana.

Na prevladavajući utjecaj BiOS-a u odnosu na lokalne procese koji djeluju na promjene u

morskom ekosistemu sjevernog Jadrana ukazuje i najnovije istraživanje objavljeno u časopisu Nature Scientific Reports u kojem se pokazala veza između BiOS promjena i rasta sjevernojadranskih školjki čaški (*Glycymeris pilosa*).

Ova studija, na kojoj su radili i Vilibić i Dunić, posebno je značajna jer je u njoj prvi put istraživani utjecaj BiOS-a na živi svijet u sjevernom Jadranu. U njoj se pratila kronologija, odnosno rast školjaka prema godovima na njima (slično kao kod drveća) i tražila se povezanost s promjenama okolišnih parametara, uključivo BiOS-a.

Studija je pokazala da školjke brže rastu kod anticiklonalne vrtnje u sjevernom Jonskom moru, zbog većeg donosa hranjivih soli iz zapadnog Sredozemlja. Time je potvrđeno da BiOS također značajno utječe na biološke organizme u Jadranu, čak i u njegovom plitkom sjevernom dijelu za kojeg se smatralo da je donekle izdvojen od ostatka Jadrana po svojim oceanografskim svojstvima.

Na koji način će klimatske promjene eventualno utjecati na BiOS, za sada još nije moguće predvidjeti. To bi tek trebala pokazati buduća istraživanja jer je mehanizam BiOS-a predložen tek 2010. godine.

Što budućnost nosi Jadranu i Sredozemlju?

Jedna od ključnih enigmi u ovoj priči svakako je pitanje što budućnost nosi Jadranu – što bi se sve i u kojim vremenskim razdobljima u njemu moglo događati s različitim intenzitetima klimatskih promjena. Da bi se to saznalo, trebat će napraviti klimatske projekcije za različite klimatske scenarije.

„U tu svrhu, u okviru projekta ADIOS te u suradnji s međunarodnim timom znanstvenika iz CNRM grupe, uskoro ćemo pokrenuti združeni regionalni klimatski model visoke rezolucije, koji će uključivati more, atmosferu, kopno i rijeke. Model neće slijediti striktna pravila modeliranja na klimatskoj skali, čime se trenutno bavi nekoliko istraživačkih grupa na Sredozemlju, već će biti temeljen na fizici procesa koji se odvijaju na malim vremenskim i prostornim skalama. Upravo zbog toga, model će, barem se nadamo, dati dosad najprecizniji uvid u budućnost procesa stvaranja guste vode, BiOS-a i drugih fenomena u Jadranu, a koji su bitni za buduću klimu Jadrana. Tada ćemo moći bolje procijeniti i utjecaj klimatskih promjena na živi svijet Jadrana, a sukladno tome pokušati i preciznije djelovati s mjerama prilagodbe. Naravno, uz pretpostavku da će buduće generacije hrvatskih političara biti svjesnije posljedica klimatskih promjena nego današnje, kojima je ta tema samo na jeziku, a ne i u djelima“, upozorava Vilibić.

Izvor: index.hr