

RAZGOVOR

Prof. dr. sc. Jasenka Sremac s Geološkog-paleontološkog zavoda

«U DALEKOJ BUDUĆNOSTI JADRANSKO MORE OPET NESTANE!»

● Nataša ROŽIĆ

«Starost Zemlje procjenjuje se na više od 4,5 milijardi godina. Od pojave života, prije više od 3,5 milijarde godina, do danas, dogodilo se najmanje pet velikih izumiranja, među kojima je široj javnosti najpoznatije izumiranje krajem perioda krede, u kojem su nestali dinosauri. Međutim, prema dosadašnjim spoznajama, najveće izumiranje ikad dogodilo se prije otprilike 250 milijuna godina, kad je u vrlo kratkom vremenu nestalo više od 90 posto tadašnjih živih bića. Na temelju te velike katastrofe – žmajke svih izumiranja - geolozi su postavili granicu između paleozojske i mezozojske ere, ere starog i srednjeg života.»

Drevni okoliš

Ovim nas je riječima Jasenka Sremac uvela u temu «Masovno izumiranje na granici perm/trijas na području drevne Jadranske karbonatne platforme u Hrvatskoj», aktualni međunarodni projekt Švicarskog nacionalnog fonda, na kojem je osobno angažirana.

Kako teorije masovnog izumiranja od uvijek okupiraju ljudsku maštu, bio je to odličan povod da popričamo s ovom uvaženom geologinjom i paleontologinjom o brojnim epizodama iz Zemljine prošlosti.

* **Kakve geološke i fosilne tragove ka-**

taklizme ste dosad pronašli na našem području radeći na spomenutom međunarodnom projektu?

- U potrazi za tragovima ove kataklizme, u Hrvatskoj smo istraživali stijene odgovarajuće starosti te smo zanimljive dokaze našli na području Velebita. U središnjem dijelu Velebitske antiklinale na površini se nalaze najstarije, paleozojske stijene. Otvoreni profili omogućavaju uzorkovanje «sloj po sloj», što znači da možemo čitati slijed geoloških događaja kroz vrijeme. Naime, stijene sadrže zapise o uvjetima u drevnom okolišu, kao što su temperatura, salinitet, dubina mora, količina kisika, energija vode... Osnovne karakteristike možemo prepoznati već na terenu, ali stijene detaljno možemo analizirati tek nakon laboratorijske pripreme uzoraka. Stijene mlađega perma, neposredno prije katastrofe, taložene su u morskim plićacima tropskog oceana, te u njima nalazimo brojne fosile morskih životinja. Najbrojniji su fosili jednostaničnih krednjaka i vapnenačkih algi, no ima i ostataka bodljikaša, ramenonožaca, sitnih račića i drugih organizama. Jedan od glavnih dokaza stresa u okolišu je osiromašenje fosilnih zajednica. Na istraženim lokalitetima pronašli smo takve sterilne slojeve u dva horizonta. Nakon toga pristupili smo geokemijskim i izotopnim analizama, kako bismo utvrdili što se događalo tijekom gornjeg perma i na

Kako je izgledala Prahrvatska; što je uzrokovalo najveću kataklizmu u povijesti Zemlje; što će se dogoditi s Jadranskim morem u budućnosti...

granici perma i trijasa. Ove su složene analize većinom načinjene u Švicarskoj, u laboratoriju Sveučilišta u Lausanne-i. U uzorcima su se pokazale dvije izrazite ekscurzije u sadržaju stabilnih izotopa ugljika, promjene u izotopima kisika, promjene u koncentracijama glavnih i sporednih elemenata, elementa u tragovima i rijetkih zemalja. Dodatno su načinjene Rock-Eval analize i analize biomarkera, koje upućuju na podrijetlo organske tvari u stijenama. Ove dvije geokemijski utvrđene epizode podudaraju se s nestankom fosila u stijenama,

a pokazale su nam da je prvi pomor biote vezan uz lokalni pad morske razine i privremeno izronjavanje morskog dna, dok druga epizoda predstavlja odraz globalne katastrofe, koja je zahvatila kopnene i morske okoliše na cijeloj planeti. Znanstvenici cijeloga svijeta pokušavaju otkriti što je prouzrokovalo ovu kataklizmu. Najveći vulkanski izljevi koji su se ikad dogodili na Zemlji, «Sibirске stepenice», vremenski se podudaraju s biološkom krizom, te dio znanstvenika izumiranje pripisuje ovom događaju. Drugi pretpostavljaju da je došlo do udara astero-

ida, slično kao u događaju koji je s lica zemlje izbrisao dinosaure. U novije vrijeme pojavile su se i druge teorije, poput eksplozije supernove u blizini Zemlje, pojačane aktivnosti u Zemljinu plaštu i mnoge druge. Vjerujemo da će naša istraživanja doprinijeti rješenju ove zagonetke.

* **Hrvatsko zagorje nekada je bilo pod oceanom. Papuk je bio otok na kojem su živjeli nosorozi, a Pag dio močvarnog područja na kojem su obitavali krokodili. Vezano uz to, plaža Crnika na**



*Svim građanima,
našim klijentima i
poslovnim partnerima
čestitamo
Dan
državnosti*

Hotel Bastion



u Zagrebu

ČNOSTI, E MOŽDA



Jasenska više od 30 godina radi na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Zagrebu

Pagu ističe se kao jedno od najznačajnijih nalazišta u Europi. Kroz kakvu je geološku evoluciju prolazilo područje Hrvatske?

- Raspored kontinenata i oceana na Zemlji tijekom geološke prošlosti neprekidno se mijenjao, pa su tako i stijene koje danas nalazimo u Hrvatskoj nastajale u vrlo različitim prostorima i različitim okolišima. Najstarije stijene u Hrvatskoj nalaze se danas u jezgrama planina sjeverne Hrvatske, a taložene su na dnu drevnih oceana prije gotovo 450 milijuna godina, u razdoblju starijeg paleozoika. U njima se mogu naći samo fosili pučinskih organizama, kao što su

izumrli polusvitkovci graptoliti, te spore i ciste protofita. Znakovita promjena za prostor današnje Hrvatske dogodila se tijekom perioda karbona, prije približno 300 milijuna godina. Stijene nastale u tom razdoblju taložene su na plitkom kontinentskom pragu Prafrike, u području ekvatora. Plitko i toplo more pogodovalo je razvoju brojnih i raznolikih morskih organizama, od jednostaničnih bića, preko spužvi, koralja, mekušaca, mahovnjaka, ramenonožaca i bodljikaša, do riba. Iz plitkog su mora mjestimice virili otoci, na kojima je rasla kopnena flora, najčešće od drvolikih papratnjača i primitivnih sjemenjača. Slični su uvjeti

vladali i u sljedećem periodu – permu, sve do velike katastrofe, o kojoj smo raspravili u prethodnom pitanju. Nakon masovnog izumiranja život se na Zemlji vrlo sporo oporavljao. Tijekom mezozojske ere (od 250 do 65 milijuna godina prije današnjice) prostor današnje Hrvatske i dalje nalikuje na arhipelag u toplom oceanu. Fini mulj i pijesak, zajedno s brojnim kućicama i skeletima uginulih morskih organizama, taložio se između otoka. Na otocima je rasla kopnena flora (pretežito cvjetnice), a nađeni su i tragovi boravka dinosaura. Najčešće je riječ o dinosauruskim stazama, no na jednom su mjestu nađene i fosilne kosti. Znakovit je događaj otvaranje novog Tethys oceana. U ovom se razdoblju Jadranska ploča, kojoj pripada prostor Prahrvatske, otkida od Afričke ploče i počinje putovati prema sjeveru-sjeveroistoku, gdje će se kasnije pripojiti Eurazijskoj ploči. Krajem mezozojske ere, u razdoblju krede, kontinenti i oceani na Zemlji postupno poprimaju današnji položaj. Tada se dogodio još jedan kataklizmički događaj, kada je udar asteroida pobio oko 70 posto tadašnjih živih bića, među kojima i brojne morske i leteće gmazove te dinosaure. Time završava mezozojska era i započinje kenozojska era ili era novog života, koja će Zemlji donijeti postupno zahladnjenje. No na njenom početku, u razdoblju paleocena, na Zemlji je vladala daleko toplija klima nego danas, te su palme rasle sve do obala Baltika, a prosječna temperatura mora i oceana iznosila je oko 28°C. Kenozojska era donijela je niz geoloških događaja važnih za prostor Hrvatske. Pod pritiskom Afričke ploče s juga izdižu se planinski lanci Alpa, Dinarida, Helenida i Taurida, što je dovelo do odvajanja sjevernog kraka od Tethys mora. Novo more - Paratethys prekrilo je u razdoblju miocena nizinske predjele iza planinskog lanca. Paratethys je prije 20-tak milijuna godina dopirao sve do današnjeg Aralskog jezera. Stoga za njega nije posve primjeren popularni naziv „Panonsko more“. Područje današnje sjeverne Hrvatske nalazilo se na južnom rubu Paratethysa, dok su planine sjeverne Hrvatske virile iz mora kao otoci. U stijenama iz tog razdoblja možemo naći ostatke i kopnenih i vodenih organizama (kopneno bilje, protiste, spužve žarnjake, mekušce, mahovnjake, ramenonošce, bodljikaše, ribe, pa čak i dupine, kitove). Tijekom miocena veze s Tethysom nekoliko su se puta prekidale i opet obnovile, da bi prije otprilike šest milijuna godina globalna razina mora pala zbog oledbe, a Paratethys izgubio svaki kontakt s velikim morskim prostorima. Tijekom pliocenske epohe (prije 5,33 do 2,58 milijuna godina) more se oslabilo i podijelilo u odvojene ba-

zene (Panonski, Dacijski, Egejski, Crnomorski, Kaspijski i Aralski bazen). Miocenske močvare na području današnjeg sjevernog Jadrana nisu bile sastavni dio Paratethysa, već su vezane uz globalni pad morske razine, a vjerojatno i uz presušivanje Sredozemnog mora. Jugozapadne padine izdignutog Velebita prekrivaju klastične taložne stijene, koje nazivamo Jelar naslage, a za šire je područje Zadra osobito zanimljiv kompleks pretežito klastičnih stijena koji se prostire u njegovu zaleđu, a dobio je ime Prominske naslage. To je složena geološka formacija nastala u porječju drevne velike rijeke, koja se sastoji od taložina karakterističnih za riječni tok. U močvarama su cvjetali lopoči, a u priobalnim bočatim okolišima rasla je vegetacija nalik današnjim mangrovama. Močvarama su se kretali preci današnjih svinja, koji su, prema nalazištu, dobili ime Prominatherium. Udaljavajući se od rijeke prema moru, u stijenama se postupno pojavljuju tipične morske fosilne zajednice u kojima se ističu brojni i raznoliki koralji. S napredovanjem oledbe, u razdoblju kvartara, globalna razina mora pada jer se goleme mase vode sada nalaze zarobljene u ledu. Time presušuje i cijeli sjeverni dio Jadranskog mora. Klima postaje ne samo hladnija, već i sušnija, a prostor Hrvatske našao se na južnom rubu velikih ledenjaka. Dok ledenjačke kape pokrivaju naše visoke planine, niži su predjeli prekriveni siromašnom niskom vegetacijom, i omogućuju život posebno prilagođenim životinjama, kao što su mamut, sjeverni jelen i vunasti nosorog, te mnoge druge. Ostatke ovih životinja možemo naći u špiljama diljem Hrvatske, te razmjerno često u riječnim naplavinama, osobito u porječju Save i Drave. Ne smijemo zaboraviti ni nalazišta fosilnih hominida, među kojima se ističu Krapina (po brojnosti i dugotrajnoj naseljenosti) i Vindija (po dobroj sačuvanosti, gdje je iz kostiju sekvencionirana fosilna DNK).

Georaznolikost Hrvatske

* Koja su područja Hrvatske po vama najzanimljivija za paleontološka i geološka istraživanja? Postoji li u Hrvatskoj nekakav geološki fenomen značajan u svjetskom kontekstu?

- Prostor Hrvatske obilježava izrazita georaznolikost. Mnogi su geološki lokaliteti već zaštićeni zakonom, a mnogi su u procesu ostvarenja zaštite, pri čemu važnu ulogu igra Uprava za zaštitu prirode Ministarstva kulture. Izbor lokaliteta pokriva široki raspon geoloških fenomena, od tekstura u stijenama, preko paleontoloških sadržaja pa sve do fosilnih okoliša i primijenjenih geoloških sadržaja. U svakom od područja Hrvat-

SVIM GRAĐANIMA GRADA ZADRA
I ZADARSKE ŽUPANIJE
ČESTITAMO
DAN DRŽAVNOSTI



ske naći će se zanimljivih fenomena za geologa, no, kao paleontologu, najlakše mi je govoriti o značenju fosila. Na području Hrvatske pronađeni su i opisani mnogobrojni fosili kopnenih i vodenih organizama, a radove naših renomiranih znanstvenika čitaju i citiraju geolozi diljem svijeta. Nabrojiti ću samo neke od fosila koji su dobili imena prema našim znanstvenicima - školjkaš Gorjanovicia, alge Herakella, Kochanskyella - ili prema lokalitetima - alge Velebitella, Likanella, «zagrebački kit» Mesocetus agrami, dupin Platanista croatica, srodnik svinje Prominatherium. Lokaliteti sa zapisom o masovnim katastrofama također su na listi takvih značajnih pojava. Značajnih je nalazišta u Hrvatskoj puno, a među njima je i lokalitet Crnika na Pagu. Ne smijemo zaboraviti nalazišta fosilnih hominida, koja uvijek privlače veliku pažnju struke, ali i šire javnosti.

*** Spomenuli ste presušivanje Sredozemnog mora. Kako je došlo do ove geološke promjene? U kontekstu toga, kakve geološke promjene naš svijet, posebice teritorij Hrvatske, može očekivati u budućnosti?**

- Najstarije dokaze o presušivanju

Sredozemnog mora nalazimo u stijinama starim oko šest milijuna godina, taloženim tijekom miocenske epohe. Taj događaj nazivamo Mesinskom krizom saliniteta, a do njega je došlo zbog zatvaranja Gibraltarskog prolaza. Veza s Atlantskim oceanom više se puta obnavljala i prekivala, dijelom zbog tektonskih uzroka, a dijelom zbog promjena morske razine i riječne erozije. Tijekom razdoblja isušivanja, po dnu Sredozemnog mora tekle su rijeke, a u zaostalim lokvama i vodenim bazenima taložile su se naslage evaporita (soli, gipsa...), koje su na nekim mjestima debele i do tri kilometra. Ovom se događaju pripisuju i migracije afričkih životinja prema sjeveru i njihovi fosilni nalazi na današnjim otocima: Kreti, Cipru, Malti i Siciliji. Gibraltarski se prolaz zadnji puta otvorio na početku pliocenske epohe, prije 5,33 milijuna godina. Geolozi procjenjuju da su slapovi kojima se voda iz Atlantika prelijevala u Sredozemni bazen bili veći od današnjih slapova Nijagare. Naša Zemlja nikad ne miruje. Kontinentske ploče se neprekidno kreću, mijenja se magnetno polje i intenzitet Sunčeva zračenja, potresa nas seizmička aktivnost, aktiviraju se vulkani. Sve je to sastavni dio uobičajene Zemljine dinamike. Za-

tvaranje Gibraltarskog prolaza moglo bi se ponoviti, bilo kao posljedica tektonskih pokreta, bilo kao rezultat globalnog pada morske razine. U tom bi slučaju Sredozemno i Jadransko more mogli ponovno presušiti. Kad govorimo o potpunom zatvaranju Sredozemnog mora, tada mislimo na daleku budućnost. Takva je mogućnost procijenjena na temelju mjerenja brzine i smjera kretanja Afričke ploče, koja bi se u dalekoj budućnosti mogla spojiti s Eurazijskom pločom.

*** U posljednje vrijeme svjedoci smo povećane geološke aktivnosti zemlje. Ima li ovaj niz potresa, erupcija doista veze s globalnim klimatskim promjenama i apokaliptičnim najavama novog ledenog doba?**

- Klimatske promjene nisu uzrokom vulkanizma i potresa, ali masivni vulkanizam može utjecati na globalne promjene klime, što je geolozima poznato iz zapisa u stijenama. Izbacivanjem vulkanskog pepela u atmosferu zastire se sunce te dolazi do pada temperature. Ovisno o trajanju erupcije, može nastati

vulkanska zima, a nedostatak sunčeve svjetlosti može zaustaviti i proces fotosinteze. Izljevi lave pak mogu dovesti do golemih požara i smanjenja količine kisika. U sljedećoj etapi zbivanja čestice izbačene iz vulkana stvaraju efekt staklenika te, nakon početnog hlađenja, dolazi do zagrijavanja. Pepeo koji pada zagađuje tlo i vode. Razmjeri ovih promjena ovise o intenzitetu vulkanizma i nije ih moguće unaprijed predvidjeti. Dokaze o takvim klimatskim promjenama možemo naći i u povijesnim spisima. Naime, u srednjem je vijeku upravo vulkanizam izazvao „malo ledeno doba“.

*** Kakav je vaš stav prema teorijama o velikom potopu, izgubljenim kontinentima...? Naime, neki geolozi podupiru teoriju kolega Williama Ryana i Waltera Pitmana o velikom potopu koji se dogodio na području Crnog mora.**

- Kroz dugu geološku povijest na Zemlji je bilo dovoljno stresnih događaja da objasne gotovo svaki scenarij o kojem govorite. Kontinentske ploče neprekidno putuju, ponekad se sudaraju. Na nekim mjestima dodira jedna ploča tone pod drugu i pretapa se u plaštu. Morska razina ponekad raste i tada govorimo o transgresiji, a ponekad pada (regresija). Veliki potop može naći svoje prirodno

objašnjenje u naglom otapanju leda s ledenjaka, kada se goleme količine vode ulijevaju u postojeće vodene prostore, podižu razinu vode i pri tome može doći do poplava, ili, kao što smo opisali za slučaj Gibraltarskog prolaza, rušenja barijera i stvaranja spektakularnih slapova. Sličan se scenarij može povezati i s tjesnacem koji spaja Crno more sa Sredozemnim morem. Istraživanja glaciologa na području današnjih ledenjaka podupiru ovu teoriju jer svjedoče o iznimno brzom otapanju golemih masa leda i slapova ispod ledene površine u vrijeme polarnog ljeta.

*** Bili ste dio tima koji je istražio nalazište kamenih kugla na gradilištu Dalmatine kod Vrgorca. Kakvo je geološko objašnjenje ovog fenomene kamenih kugli i do kakvih ste vi saznajha došli proučavajući primjerke pronađene na Dalmatini?**

- Kamene kugle nađene su na većem broju nalazišta diljem svijeta. One mogu nastati različitim geološkim procesima i u raznim geološkim razdobljima. Primjerice, u vulkanskim stijenama određenog sastava pojavljuje se kuglasto lučenje, kojim se te stijene na površini Zemlje nakon hlađenja lave odvajaju u kuglaste oblike. Slični oblici mogu nastati i tijekom izlijetanja lave viskozne poput tijesta iz vulkanskog dimnjaka. Tada se komadi lave rotiraju u zraku i nastaju vulkanske bombe. Kamene kugle na gradilištu Dalmatine prirodnog su podrijetla. Nastale su u periodu krede, u moru, kemijskim procesima koji odražavaju sastav morske vode u tom dijelu drevnog Tethys oceana. Kako je dio istraživanja još u tijeku, rezultate ćemo objaviti kad sve analize budu gotove.

*** Paul Crutzen, dobitnik nobelove nagrade za kemiju, još je 2002. izjavio kako je započelo novo geološko razdoblje, tzv. antropocen. Po njegovom mišljenju čovječanstvo je toliko promijenilo Zemlju da je primjereno proglasiti novo geološko razdoblje. Međutim, prijedlog objavljivanja novog geološkog razdoblja nije prihvaćen sa svih strana. Koje je mišljenje vas i vaših kolega po ovom pitanju?**

- U svijetu postoji međunarodno povjerenstvo (International Commission for Stratigraphy) koje donosi odluke o imenovanju i rasporedu geoloških razdoblja. Povjerenstvo je imenovalo radnu grupu za antropocen, na čijem je čelu britanski znanstvenik poljskog podrijetla, Jan Zalasiewicz, te razmatra prijedlog Paula Crutzena. Prvobitan prijedlog nije imao posve jasan stav o početku ovog perioda pa se po nekima početak antropocena veže za doba industrijske revolucije (18. stoljeće), dok drugi znanstvenici smatraju da je snažan utjecaj

čovjeka prisutan već od prijelaza na poljoprivrednu proizvodnju. Međutim, dio znanstvenika u svijetu prihvatio je ovu inicijativu, te su 2008. godine objavljena dva rada u renomiranim časopisima, u kojima se koristi ovaj termin. Osobno mogu razumjeti Crutzenove argumente za uvođenje antropocena, ali nisam prijatelj brzopletih promjena geološke vremenske tablice. Ta je podjela obvezujuća za sve geologe u svijetu, te je potrebno jasno definirati razloge za promjene i točno postaviti vremenske granice svakog perioda.

*** Postoji podatak da je otok Palagruža posve drugačijeg geološkog sastava od ostalih naših otoka te da za razliku od istih koji tonu, Palagruža raste. Zbog svoje izoliranosti, na njoj je ostao sačuvan veliki broj endemskih biljaka i živih bića. Možete li mi nešto više reći o ovom fenomenu Palagruže?**

- Endemske vrste uobičajene su na geografski izoliranim područjima, kao što su udaljeni otoci. Kako se ne nalazim u Zagrebu, nemam kod sebe uvid u geološku kartu, te vam ne mogu dati potpuni odgovor na ovo pitanje. Međutim, otoci koji se zaista bitno razlikuju po sastavu od drugih jadranskih otoka su Jabuka i Brusnik. Oni su izgrađeni od vulkanskih (eruptivnih) stijena, za razliku od drugih otoka, na kojima prevladavaju sedimentne ili taložne stijene karbonatnog sastava (vapnenci i dolomiti).

*** Pred koji izazovima se nalazi sadašnja geologija? Osim masovnog izumiranja, koje su to najveće enigme koje okupiraju današnje geologe?**

- Geologija se danas nalazi pod pritiskom šire javnosti, koja je osvijestila spoznaju o krhkosti svijeta kakav poznajemo. Od geologa se očekuju odgovori na pitanja o tome kako je Zemlja reagirala na velike krize tijekom geološke prošlosti (masivni vulkanizam, promjene klime, promjene sastava atmosfere, promjene oceanske cirkulacije, impakti i druge katastrofe), kako bi se čovječanstvo što bolje pripremlilo za suočavanje s mogućim stresnim događajima u budućnosti. Primijenjena geologija, koja je oduvijek imala važnu ulogu u svjetskoj ekonomiji, ni danas ne gubi na važnosti. Geolozi se bave istraživanjem ležišta fosilnih goriva, čije su rezerve temelj današnje geopolitičke slike svijeta. Ležišta nafte i plina su već dobrim dijelom iscrpljena, pa se svijet okreće obnovljivim izvorima energije. Utjecaj eksploatacije na okoliš (upravo svjedočimo ekološkoj katastrofi u Meksičkom zaljevu) dodatni je razlog za promjenu svjetske energetske politike. No u budućnosti nas čeka druga, puno teža kriza, a to je nedostatak pitke vode. Tu se očekuje od hidrogeologa da pronađu zalihe i najbolji način njihove eksploatacije.

