

The challenges for Z-generation geologists

Dejan Radivojević



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

The challenges for Z-generation geologists | Dejan Radivojević | Tehnika | 2022 | |

10.5937/tehnika2201037R

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0006794>

Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду омогућава приступ издањима Факултета и радовима запослених доступним у слободном приступу. - Претрага репозиторијума доступна је на www.dr.rgf.bg.ac.rs

The Digital repository of The University of Belgrade Faculty of Mining and Geology archives faculty publications available in open access, as well as the employees' publications. - The Repository is available at: www.dr.rgf.bg.ac.rs

Izazovi za geologe generacije Z

DEJAN N. RADIVOJEVIĆ, Univerzitet u Beogradu,
Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

Stručni rad
UDC: 55"20"
DOI: 10.5937/tehnika2201037R

Nastupajuća generacija geologa suočava se sa nekim problemima koji su poznati i njihovim prethodnicima, ali takođe i sa do sada novim i nepoznatim izazovima. Činjenica da mnogi geologiju povezuju sa „prljavim“ industrijama u kojima će biti sve manje prilika za zaposlenje u vreme kada se teži čistoj vodi, zemljištu i vazduhu kao i to da je smatraju zastarelom u sadašnje vreme brzog tehnološkog razvoja dovela je do velikog pada interesovanja za studije geologije svuda u svetu. Neophodno je još u ranoj fazi obrazovanja zainteresovati buduće studente geologije tako što će im se približiti da ona koristi najsavremenije tehnologije i poseduje veštine koje mogu biti efikasno korišćene u projektima zaštite životne sredine. Energetska tranzicija je nemoguća bez aktivnog učešća geologa koji će primeniti svoja znanja i iskustva prilikom skladištenja ugljen-dioksida, korišćenja geotermalne energije, određivanja lokacija budućih vetroparkova. Izrada kvalitetnih prognoznih klimatskih modela je neizvodljiva bez geologa koji su proučavali klimatske promene iz geološke prošlosti. Jedan od izazova predstavlja i COVID 19 pandemija koja će najverovatnije ostaviti trag i u sedimentnom zapisu antropocena.

Ključne reči: zumeri, obrazovanje, napredne tehnologije, energetska tranzicija, COVID 19

1. UVOD

Zumere ili generaciju Z čini populacija rođena od sredine devedesetih godina prošlog veka pa do ranih 2010-ih. Nova vremena donese nove izazove za kompletno društvo, pa tako i geologija ne predstavlja izuzetak. S obzirom da jedna od osnova učenja u okviru geologije predstavlja teorija evolucije, geolozi su veoma svesni neophodnosti prilagođavanja novonastalim uslovima.

Pre nego što je pandemija počela da dominira vestima, pitanje povećanog zagađenja vazduha i vode je bilo izuzetno aktuelno, a u medijima je geologija obeležena kao neprijatelj životne sredine. Za geologiju se u širim krugovima smatra da je zastarela i da se u njoj ne koriste savremene tehnologije [1] što joj dodatno otežava poziciju u vreme ubrzanog razvoja novih tehnologija. Kombinacija ovih faktora zajedno sa nepovoljnom demografskom situacijom u razvijenim zemljama i energetsom tranzicijom dovelo je do toga da geologiju i srodne programe na Univerzite-

tima danas upisuje sve manji broj studenata u većem delu sveta.

Analize broja upisanih studenata, energetske tranzicije i pandemije COVID 19 ukazuju ne samo na izazove sa kojima se susreću mladi geolozi već i na neophodnost aktivnog učešća u razbijanju nepravedno nametnute stigme prema geologiji.

2. MENJANJE GEOLOGIJE

Geologija, nauka o Zemlji ili geonauka su različiti termini sa istom doslovnom definicijom - proučavanje Zemlje. U akademskom svetu i profesionalnom okruženju ovi pojmovi se razmenjuju ili imaju različitu konotaciju u zavisnosti od toga kako se koriste. U poslednjih nekoliko decenija, mnogi koledži i univerziteti su promenili svoja zvanja na diplomama iz geologije u nauku o Zemlji ili geonauku ili ih dodali kao posebne stepene studija. Danas, diploma iz nauka o Zemlji i geonauka obuhvata mnogo šire područje predmeta nego tradicionalna geološka diploma. Ona uključuje bavljenje svim dinamičkim procesima Zemlje, tako da uobičajeni kursevi uključuju okeanografiju, paleoklimatologiju, meteorologiju i hidrologiju kao i standardne (tradicionalne) geološke kurseve kao što su mineralogija, geomorfologija, petrologija, stratigrafija i dr.

Adresa autora: Dejan Radivojević, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, Đušina 7
e-mail: dejan.radivojevic@rgf.bg.ac.rs
Rad primljen: 04.01.2022.
Rad prihvaćen: 09.02.2022.

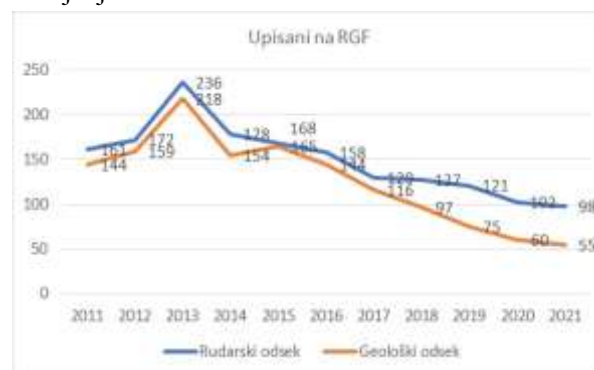
Geologija je stara nauka koja ima dugu istoriju i u tom smislu predstavlja osnovu za sve nauke o Zemlji. Ona je jedna od originalnih nauka, zajedno sa astronomijom, geometrijom i matematikom. Hemija je započela svoj razvoj kao laboratorijski naslednik geologije, dok je fizika nastala kao apstrakcija inženjerstva, što naravno ne umanjuje njihov napredak i rast već samo ukazuje na vreme pojavljivanja određenih nauka. Nauka o Zemlji i geonauka su dobile na značaju sa novim višedisciplinarnim zadacima koji su zasnovani na radu geologa. Da pojednostavimo, svi geolozi su naučnici o Zemlji, ali nisu svi naučnici o Zemlji geolozi. Uporedni napredak hemije, fizike i matematičkih proračuna novoprimenjenih na stare geološke probleme doveo je geologiju u šire naučno područje kao što su nauka o Zemlji i geonauka. Naizgled, radi se o sasvim novom polju u kome su geološki čekić, terenska karta i tanki preseći postali manje relevantni. Sa druge strane, mi geolozi možemo ovu situaciju posmatrati tako što se naša nauka sa brzorastućom grupom subspecijalnosti širi u susedne nauke (ne okeanografija već marinska geologija, ne meteorologija već klimatologija, ne astronomija već planetarna geologija), ali ovo je očigledno mišljenje manjine. Osnovna pretraga interneta pokazuje dvostruko više nastavnih planova nauka o Zemlji od nastavnih planova geologije.

Generalno, postoji mišljenje da geologiju čine minerali, karte, planine, stene, resursi, erupcije, erozija, sedimenti i pećine. Ona uključuje šetanje unaokolo u terenskim cipelama i izradu praktičnih vežbi sa uobičajenim supstancama što je čini ekološki neprihvatljivom (braon) naukom. Sa druge strane nauka o Zemlji i geonauka predstavljaju proučavanje geologije kao i zagađenja, lanca ishrane, paleontologije, staništa, tektonskih ploča i klimatskih promena. Oni uključuju dinamičke procese Zemlje koji nisu vezani samo za njenu koru što ih čini ekološki prihvatljivim (zelenim) naukama. Geonaučnici i naučnici o Zemlji rade stvari o kojima geolozi nikada ranije nisu ni razmišljali. Naučnici o Zemlji pomažu u nadgledanju sanacije zagađenih mesta, proučavaju uzroke i efekte klimatskih promena, savetuju menadžere koji se bave zemljištem, otpadom i resursima, porede strukture planeta oko našeg Sunca i oko drugih Zvezda.

3. UNIVERZITETI I GEOLOGIJA

Izgleda da se geonauke svuda u svetu suočavaju sa egzistencijalnom krizom u čijoj suštini se nalazi pad broja studenata. Pad studenata na univerzitetima u Velikoj Britaniji u periodu 2014-2019 je 35% [2], a postoje dokazi o sličnim trendovima u mnogim zapadnim zemljama uključujući SAD [3]. Na jedinom fakultetu u Srbiji koji školuje geologe zabeležen je veliki pad upisanih studenata u poslednjih deset godina (slika 1).

Posledice ovakvog trenda smanjenja broja upisanih studenata mogu biti dramatične. Manji broj studenata znači manji priliv novca što dovodi departmane univerziteta do toga da moraju da smanje svoje budžete, a ovakav trend može dovesti čak i do njihovog zatvaranja. Pored toga, ovakva situacija dovodi i do smanjenja istraživačkih aktivnosti i razvića nauke.



Slika 1 - Grafik sa brojem upisanih studenata na Rudarsko-geološki fakultet u periodu 2011-2021. godina

U Srbiji jedan od razloga za pad broja studenata geologije svakako može biti i nepovoljna demografska situacija obzirom da se ceo Univerzitet u Beogradu suočava sa manjim brojem prvoupisanih studenata, ali postavlja se, generalno, pitanje zašto su mladi ljudi širom sveta manje zainteresovani za studiranje geonauka?

Neki od razloga mogu biti to što neki geologiju smatraju staromodnom u odnosu na brzo rastuće tehnologije, zatim negativna percepcija geologije u smislu zaštite životne sredine i njena povezanost sa naftnom industrijom i rudarskim aktivnostima kao i to što postoji mišljenje da se ove industrije ubrzano približavaju svom kraju i da će u njima biti otvarano manje radnih mesta.

U ovo ključno vreme razvoja naše planete i dalje postoji dosta toga da se proučava o procesima koji se danas događaju na Zemlji, poređenju sa događajima iz geološke prošlosti i njihovim implikacijama na evoluciju života tokom geološkog vremena. Ključna oblast za istraživanje je u sistemima nauka o Zemlji, koja ima holistički pristup da integriše tektoniku, sedimentacione sisteme, paleoklimatologiju i promene nivoa mora.

Ovakav pristup nudi potencijal za modeliranje uticaja klimatskih promena sa sadašnjim i budućim promenama informišući se na osnovu analogije sa promenama iz geološke prošlosti. Fundamentalno razumevanje rizika od prirodnih nepogoda kao što su vulkanizam, zemljotresi i cunami je značajno za globalnu populaciju i ekonomiju. Pored toga geološke studije vezane za izbor najpogodnijih životnih sredina holistički dizajniranih za zaštitu od poplava ili obalsku

eroziju mogu biti ključne za zaštitu društva suočenog sa povećanim uticajem promena vremenskih prilika vezanih za klimatske uslove. Uloga geonauka u podržavanju bezbednosti urbanog rasta i ishrani rastuće svetske populacije ne može se potceniti. Kako se povećava globalna populacija, snabdevanje vodom će biti jedan od glavnih izazova sa kojim će se suočiti društvo. Usled klimatskih promena hidrogeolozi će biti važni za lociranje i upravljanje akviferima i njihovu zaštitu od zagađivača. Monitoring sleganja usled zahvatanja vode i sa njima povezanog povećanog rizika od plavljenja takođe naglašava ključni doprinos hidrogeologije.

Stoga izgleda da nikada nije bilo bolje studirati geonauke nego danas. Ne samo da bi razumeli način kako se Zemlja razvijala do sadašnjeg stanja, već takođe da bi razumeli ono što nas čeka. Geonaučnici imaju neposrednu ulogu u razumevanju i obrazovanju javnosti. Društvu su sada geolozi neophodniji nego ikada da bi održavali zdrav i napredan svet koji ispunjava UNESCO-ve ciljeve održivog razvoja.

Geonauke prolaze kroz promenu paradigme, obzirom da ih mnogi smatraju staromodnim. One često koriste digitalne tehnologije i tehnike kao što su mašinsko učenje (machine learning) i veštačka inteligencija (artificial intelligence) koje pomažu u interpretaciji izdanaka, crtanju geoloških stubova i profila, radu sa geofizičkim karotažnim merenjima i seizmičkim podacima i prepoznavanja fosilnih grupa. Da bi njihovo korišćenje bilo uspešno neophodna je ozbiljna ekspertiza u domenu stratigrafije, sedimentologije, paleontologije, petrologije i drugih geoloških disciplina. Benefit geonaučnicima predstavlja više vremena za istraživanje različitih scenarija interpretacije i omogućava da efikasnije, preciznije, konzistentnije i pronicljivije doprinose rešavanju izazova koji su postavljeni energetskom tranzicijom. Geonauke moraju da postanu više interdisciplinarnе, multidisciplinarnе i transdisciplinarnе što zahteva da studenti budu dobro potkovani u svojim disciplinama kao i da budu sposobni da rade preko granica svoje discipline. Na polju geonauka promenila su se istraživanja, primena tehnologija i količina podataka, formirajući momentalnu potrebu za promenama onoga šta i kako studenti uče. Geonauka je postala više kvantitativna i računaska, a studenti nisu ohrabreni da se bave diferencijalnim jednačinama, linearnom algebrom, statistikom i proračunom rizika. Većina studenata na svom budućem poslu neće izvoditi diferencijalne jednačine, ali će koristiti softverske alate koji primenjuju ove jednačine za rešavanje problema u glavnim poljima geonauka. U narednom periodu bi trebalo poraditi na kurikulumu, kompetencijama i veštinama budućih geologa i unaprediti njihove matematičke veštine. Naglašavajući značaj rada na realnim podacima, predstavnici industrije

podstiču više terenskog i istraživačkog iskustva. Samostalна istraživačka iskustva su jedan od najboljih oruđa za razvijanje veština, s obzirom da terenska iskustva imaju ključnu ulogu u veštinama 3D vizualizacije, kritičkog razmišljanja, izgradnje zajednice i testiranja hipoteza. Industrija je doživela velika unapređenja u vizualizaciji i geoprostornim oruđima, velikoj količini kvantitativnih informacija i računarskog modelovanja i simulaciji. Budući diplomci moraju biti spremni na brzo korišćenje naprednih tehnologija i velikog broja podataka u budućnosti. Moraju da znaju kako da sastave tačne podatke, analiziraju kvalitet podataka, razumeju neizvesnosti i naprave predviđanje nekompletnih podataka. Takođe, oni moraju biti sposobni za sistematski pristup u geonaukama. Moraju da posmatraju procese na Zemlji u celini, a ne kao zasebne delove. Timski rad i upravljanje projektom su takođe na listi neophodnih veština tako da diplomci mogu efikasno da rade u interdisciplinarnim timovima i različitim kulturama. Iako komunikacija nije deo geonaučnog kurikuluma ovo je veština koju poslodavci traže. Sledeća generacija diplomaca mora biti sposobna da primeni dvosmernu komunikaciju: sa naučnicima i ne-naučnicima. Oni moraju biti sposobni da to urade pred različitim auditorijumom i pismeno i usmeno objasne stvari svojim revidentima, menadžmentu, inženjerima i javnosti. Kako su pokazala trenutna otpuštanja u industriji, poslodavci traže geonaučnike koji imaju različite veštine i koji mogu da se prilagode ili prebace u druge delove svoje organizacije.

Postoji hitna potreba za promovisanje benefita koje geonauka donosi društvu i za ohrabrivanje novih generacija da ih studiraju u smislu pripreme raznolikih nadolazećih mogućnosti karijere. Moramo ubediti buduće studente da je interesantno primeniti nove tehnologije i da naučene veštine koje se koriste u istraživanju nafte i gasa i eksploataciji mineralnih resursa mogu koristiti u druge svrhe i da će to pomoći održivosti naše planete.

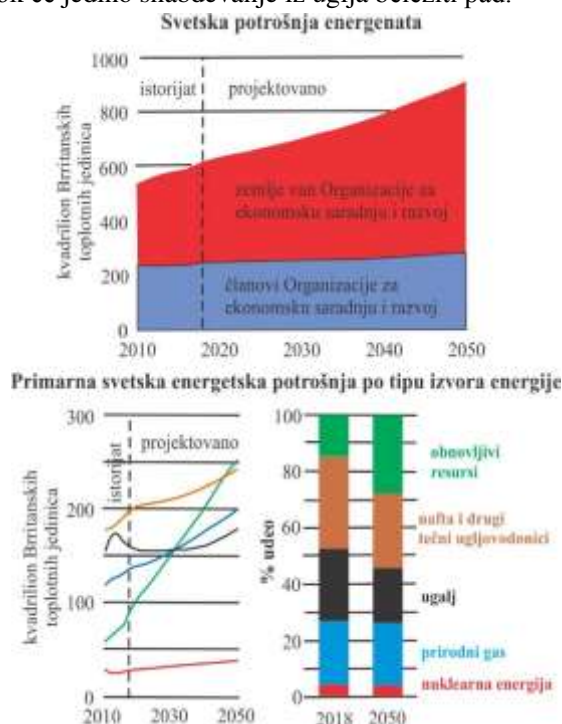
Nastavnici geonauka u osnovnom i srednjoškolskom obrazovanju predstavljaju ključ za podsticanje interesovanja i povećanje broja studenata geonauka. Nekada je gimnazijski kurikulum u Srbiji uključivao geologiju, ali ukoliko nije moguće ponovo je uvrstiti u nastavni program, ona se može ponuditi kao izborni predmet ili je učiniti više uključenom na drugim časovima (geografija, biologija, hemija). Terenske ekskurzije i istraživačka iskustva bi verovatno dodatno inspirisale potencijalne buduće studente geonauka.

4. ENERGETSKA TRANZICIJA I GEOLOGIJA

Energija predstavlja osnovu ekonomskog i društvenog razvoja, ali njena proizvodnja i potrošnja generiše oko dve trećine globalne emisije gasova staklene bašte. Postoji jasna veza između konzumacije

energenata i životnih očekivanja. Recimo ovaj odnos je jasno uočljiv kada se uporedi veća potrošnja energenata i duži životni vek u Velikoj Britaniji u odnosu na Indiju. Ukupna populacija na planeti je 7,8 milijardi, a projekcije UN predviđaju 9,8 milijardi do 2050. godine odnosno 11 milijardi do 2100. godine [4]. Pristup struji nema milijardu ljudi dok tri milijarde ukupne populacije nema čistu energiju za spremanje namirnica. Ovakva situacija dovodi do neravnoteže u zdravstvenim i ekonomskim mogućnostima, posebno među ženskom populacijom u zemljama u razvoju.

Sudeći po Energy Information Administration (EIA), populacija i ekonomski rast će verovatno dovesti do rasta globalne energetske potrošnje u zemljama u razvoju za oko 50% do 2050. godine [5]. Ključno pitanje je kako će povećana potražnja za energentima biti obezbeđena kad se mora minimizirati sa njom povezani uticaj na klimatske promene. Izvori obnovljive energije će imati povećanu ulogu u energetskom udelu posebno kako cena njihovog snabdevanja bude padala. U prepandemijskim uslovima EIA predviđanja snabdevanja su pokazala porast gotovo svih izvora energije (slika 2), tako da bi do 2050. godine globalna energija bila nesmanjeno snabdevana iz nafte, gasa, nuklearne energije i obnovljivih izvora, dok će jedino snabdevanje iz uglja beležiti pad.



Slika 2 - Projekcija globalne potrošnje energenata do 2050. godine. Predviđen je rast od ~50% uglavnom u zemljama u razvoju (gore). Do 2050. godine obnovljivi izvori će postati najznačajniji izvor energije, ostali energetske izvori će ostati važni i imati značajan udeo u energetskom udelu (dole) [5]

Čak i u scenarijima koji vide brzu tranziciju ka obnovljivim resursima u cilju ostvarivanja Pariskog sporazuma o klimatskim promenama, približno 900 milijardi barela nafte i 4700 triliona kubnih stopa gasa je neophodno za ostvarenje potraživanja od danas do 2050. godine. To je oko dve trećine količine nafte koja je do sada korišćena i više gasa nego što je do sada iskorišćeno od početka proizvodnje. Nema naznaka da će ugljovodonici neophodni za petrohemiju – za pravljenje materijala koji će omogućiti da električni automobili budu lakši i idu dalje, za đubrivo, lekove, sanitetski materijal, medicinsku opremu i sirovine za odeću biti zamenjeni.

Od 2018. godine postoji povećano interesovanje za „hvatanje“, korišćenje i skladištenje ugljen dioksida, međutim pritisak da se brzo smanji emisija može dovesti do ishitrenih odluka i lošeg odabira lokacija. Bezbedno skladištenje će zahtevati geonaučnike koji imaju znanje i veštinu, softverske tehnologije i mogu da lociraju i modeliraju povoljna podzemna skladišta CO₂, modeliraju njegovo ponašanje posle utiskivanja i preduzimaju kontinuirani monitoring [6, 7]. Sposobnost da kartiraju, interpretiraju seizmičke podatke, razmišljaju prostorno i multidimenzionalno i da su komotni sa procenom rizika i rešavanju velikih, višestrukih problema čini ih glavnim kandidatima za nove energetske izazove. Iskustvo sa rizikom i neizvesnošću omogućava im da vide stvari iz drugog ugla u poređenju sa drugim industrijama ili poljima. Geonaučnici su poznati i po tome što razbijaju paradigme te su tako tesno saradujući sa inženjerima i programerima, uspeali da omoguće proizvodnju iz dubokih mora i hidrauličko frakturiranje na mestima za koje se nekada mislilo da su nemoguća.

Govoreći o nedostatku studenata koji diplomiraju geonauke i velikom broju profesionalaca u industriji koji se bliže penziji jasno je da postoji velika praznina. To je razlog zašto moramo da obučimo ljude koji su i dalje u industriji. Ukoliko ste rezervoar modeler morate biti sposobni da modelirate utiskivanje ugljen dioksida i izbacivanje neželjenih fluida. Mnogi geolozi koji su počeli da se bave CO₂ modeliranjem su sposobni da ga brzo savladaju obzirom da ono pored određenih ključnih razlika ima i dosta sličnosti sa naftno gasnim modelima. Industrija ugljovodonika je dugo injektovala CO₂ ispod površine da bi povećala iskorišćenje nafte i stoga ima dobro razumevanje procesa koji to uključuju.

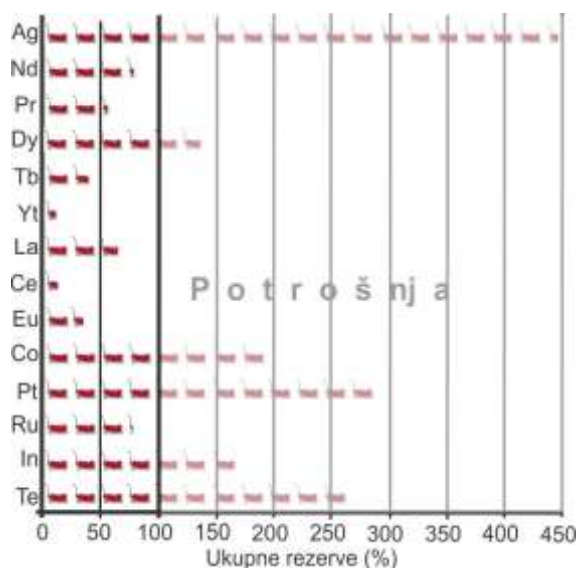
Širom industrije ugljovodonika preduzimaju se aktivnosti da se smanji karbonski otisak (carbon footprint) i intenzitet metana. Na primer, u Norveškoj operatori koriste namenske vetroparkove ili šalju električnu energiju sa obale kako bi pokretali platforme. Strategije istraživanja nafte i gasa se pomeraju od

kvantiteta ka kvalitetu, sa kompanijama koje imaju za cilj da lociraju resurse sa najmanjim karbonskim otiskom i najmanje nečistoća (npr. bez H₂S ili niskim učešćem CO₂), i selekcijom razvijaju samo najbolje. Industrija će se fokusirati na traženje i proizvodnju rezervi unapređenih ugljovodonika.

Kako se naftni i gasni operateri transformišu u energetske kompanije, mnogi povećavaju svoje investicije u energiju vetra [8]. Određivanje odgovarajućih lokacija za vetroparkove zahteva analizu brojnih faktora, ali glavni zadatak predstavlja razumevanje različitosti tla i uticaja na izgled temelja [9, 10]. Geotermalna energija takođe predstavlja potencijalno područje razvoja geonauka, s obzirom da je neophodno pratiti ponašanje injektovane vode u permeabilne slojeve ispod površine.

Neumoljivi apetit globalnog društva ka tehnologijama ima veliki zahtev prema mineralima, posebno metalničnim rudama. Energetska tranzicija i tehnologija obnovljive energije ima velike zahteve za srebrom, kobaltom, litijumom, bakrom i različitim retkim metalima kao što je neodijum [11, 12, 13].

Vodeća grupa visokoobrazovanog kadra unutar SoS MinEerals interdisciplinarnog programa, istraživanja finansiranog od strane NERC-EPSC-Newton-FAPESP, procenila je da je preko 200.000 tona kobalta potrebno da bi svi automobili i kombiji (bez teretnih vozila) u Velikoj Britaniji postali električni (bez baterije) do 2050. godine dok bi već od 2035. godine automobili imali pogon isključivo na baterije.



Slika 3 - Predviđena potražnja odabranih metala neophodnih za obnovljivu energiju u odnosu na trenutne globalne rezerve minerala do 2050. godine, podaci iz [12]. Sto procenata predstavlja količinu danas poznatih rezervi, što znači da će nam trebati četiri puta više rezervi srebra nego što je to danas otkriveno

Ova količina kobalta je dvostruko veća od trenutne godišnje svetske proizvodnje. Takođe, neophodno je 2,5 miliona tona bakra, što je polovina godišnje svetske proizvodnje. Ukoliko bi se ove cifre prenele na globalni nivo potražnja za resursima metala koji bi podržali obnovljivu energiju, uz rizik da su potcenjena, su spektakularna (slika 3).

Jasno je da će bez obzira na povećanu reciklažu i efikasnost u krajnjoj upotrebi, geolozi u rudnicima biti veoma uposleni u traženju ovih resursa. Ovo može uključivati i dubokomorsko rudarenje kobaltne kore na podmorskim planinama, manganske nodule sa dubokog okeanskog dna ili sulfide koje se nalaze oko hidrotermalnih pušaća (hydrothermal vents).

5. UTICAJ COVID 19 NA GEOLOGIJU

COVID-19 je predstavljao globalni šok, ali postavlja se pitanje kakav je njegov uticaj na više milijardi dugu geološku skaldu Zemljine istorije. Pandemija se odrazila na sveukupno školovanje geoloških kadrova obzirom da je uticala na normalno odvijanje nastave u srednjoškolskim i visokoškolskim ustanovama. Najnegativniji uticaj na studije geologije tokom pandemije je neodržavanje praktične terenske nastave, obustavljanje velikog broja geoloških istraživanja, seminara i kongresa usled ograničavanja okupljanja većeg broja ljudi.

Neki univerziteti su pribegli korišćenju napredne tehnologije i korišćenju virtualnih terenskih nastava. U ovako specifičnim okolnostima ovaj vid nastave ima dobre rezultate, iako je izloženost realnim stenama u prirodi nezamenjiva. Nakon odlaganja velikog broja naučnih skupova na početku pandemije, brzo je došlo do pregrupisanja i seminara i kongresi su prešli na online platforme.

Na osnovu dosadašnjih naučnih saznanja o nemogućnosti očuvanja virusa u fosilom stanju, jasno je da trenutna pandemija (verovatno) neće ostaviti direktan zapis virusa geolozima koji će ih u budućnosti ispitivati. Takođe, možda će biti teško da se nađe i jasan fosilni zapis umrlih od korone obzirom da ih je teško razlikovati među mnogim drugim uzrocima smrti. Ipak, postojaće indirektni signali kao što su specifični „tehnofosili“ koji se obilato pojavljuju. U otpadu je konstatovano na milijarde zaštitnih maski i rukavica koje se sada nalaze na svom putu ulaska u geološki ciklus. Obzirom da su ovi predmeti na bazi plastike to ih čini jako otpornim i kao takvi su podložni fosilizaciji. Relativno netaknute rukavice i maske mogu se akumulirati u rečnim slojevima i na dnu jezera, koji će tokom vremena biti pokriveni sedimentima i ostati fosilizovani u novoformiranim stenama. Neke maske i rukavice će slediti struje i biće pridodate velikom Tihookeanskom tepihu đubreta (Great Pacific garbage

patch) gde će dosta materijala biti razloženo, usitnjeno i lagano potonuti pridodajući se milijardama mikroplastičnih fragmenata dubokih morskih muljeva.

Plastično zagađenje je u porastu, ali emisija ugljenika je trenutno u padu. Smanjenje se može uočiti u fosilnom zapisu atmosferskog CO₂ u slojevima polarnog leda. Smanjenje emisije drugih gasova staklene bašte kao što je azot-oksidi takođe može doprineti boljim životnim uslovima. Vazduh je tokom zatvaranja usled pandemije bio čistiji tako da su jezerski sedimenti u kratkom roku sadržali manje delova nastalih sagorevanjem fosilnih goriva, a povoljni životni uslovi doveli su do širenja invazivnih vrsta flore i faune, kao recimo zebra školjki [14].

Ukoliko dođe do ekonomskog skoka, kako predviđa međunarodni monetarni fond to bi poništilo dokaze privremenog smanjenja i čak dovelo do njegovog pogoršanja. Pomeranje „zelene trake“ u infrastrukturnim projektima kako bi se pospešila ekonomija dovelo bi do bržeg izumiranja više ugroženih vrsta. Međutim, pravi geološki efekat bi bio kada bi pandemija služila kao katalizator za menjanje globalnog uticaja društva, kao što je recimo dekarbonizacija industrije širom sveta. Filozof Bruno Latour je rekao da je ključna lekcija pandemije da se globalna ekonomska mašina može zaustaviti [14]. Za bivšu izvršnu sekretarku Konvencije UN za klimatske promene (UNFCCC), Christiana-u Figueras, oporavak će biti iskorišćen za preoblikovanje industrije i smanjenje emisije gasova, pre nego na jednostavan povratak poslovanja na staro. Ukoliko emisija gasova koja proizvodi efekat staklene bašte nastavi da se smanjuje preko Green New Deal politike za zaštitu klime, stabilizacija klime će biti zabeležena ne samo u jezgri leda i jezera, već i u koralima, godovima drveća i stalagmitima širom sveta. Test promena će se naći u slojevima stena koji se formiraju sada tako što će oni ili pokazati znak da se ubrzani trend Antropocena nastavio ili će pokazati skretanje od potencijalne „Zemlje u staklenicima“ prema nekom vidu nove stabilnosti. Budućnost još nije smeštena u kamen, ali u veoma dugom periodu stene će ispričati priču kojim putem smo kolektivno krenuli.

6. ZAKLJUČAK

Geologija se u poslednje vreme susreće sa velikim izazovima koji su diktirani novonastalim uslovima. Glavne probleme čine mali broj novih studenata, smanjenje geologije staromodnom i ekološki neprihvatljivom, energetska tranzicija i rad u uslovima globalne pandemije.

Poslednjih godina geologija doživljava svoju transformaciju ka geonaukama i nauci o Zemlji. Jedno od rešenja za popularizaciju geologije može da bude njevo vraćanje u programe gimnazija (bar kao izborni

predmet), kao i njeno povećano prisustvo u kurikulumima osnovnih i srednjih škola. Brza evolucija industrije zahteva nove veštine za buduće uspešne geonaučnike. Ne postoji nikakva sumnja da je brzi tehnički napredak naterao geologiju u novi svet koji se sastoji od ogromne količine podataka i povećane efikasnosti u procesu istraživanja i proizvodnje. Budući geonaučnici - zumeri moraju da budu pismeni u oblasti tehnologije i nauke o podacima, ali sa dobrim temeljom iz osnovnih geonaučnih znanja. Kombinacija stalno rastuće snage računara i nauke koja se bavi podacima omogućava novi naučni pogled menjajući kompletnu industriju resursa, doprinoseći unapređenoj efikasnosti povezanoj sa zaštitom životne sredine kao što je smanjenje emisije i karbonskog otiska.

Geonaučnici moraju imati ključnu ulogu u energetske tranziciji i učestvovati u određivanju i razvijanju resursa geotermalne energije kao i za mesta za skladištenje ugljenika, vodonika i bioprodukta nuklearne energije. Lako dostupna raspoloživa energija omogućuje komunikaciju tokom neminovnih budućih pandemijskih kriza kao i pristup računarskim centrima olakšavajući istraživanje vakcina i lekova.

Uobičajeni geološki poslovi su nezamislivi bez terenskog rada, ali pandemijski uslovi su doveli do prilagođavanja i održavanja virtualnih radionica i terenskih nastava, on-line konferencija i seminara. Pored toga, epidemija COVID-19 bi mogla da usled povećanog korišćenja nerazgrađivih materijala i smanjene emisije gasova staklene bašte da ostavi svoj trag i u sedimentima Antropocena.

LITERATURA

- [1] Simmons M, Davies A, Hill A.W. & Stephenson, M. Who Needs Geoscientists?, *GEOExPro*, 17 (3), 14-20, 2020.
- [2] Boatright D, Davies-Vollum, S. & King, C.. Earth science education: The current state of play. *Geoscientist* 29 (8), 16-19
- [3] Saucier H. <https://explorer.aapg.org/story/articleid/56972/geoscience-programs-evolve-through-declining-enrollment>, 2020.
- [4] United Nations, 2019. <https://population.un.org/wpp2019/> United Nations 2019. Population Division: World population prospects *United Nations*, 2019.
- [5] Energy Information Authority International Energy Outlook 2019 with projections to 2050, 85 p, 2019.
- [6] Stephenson, M. Energy and Climate Change. *Elsevier*, 186 pp, 2018.
- [7] Ringrose, P. How to Store CO₂ Underground: Insights from early-mover CCS Projects. *Springer*, 129 pp, 2020.
- [8] Radivojević, D. The oil industry and climate changes. *Tehnika*, 75(1), 31-37, 2020.

- [9] Le Bot, S. and Van Lancker, V. and Deleu, S. and De Batist, M. and Henriët, J. P. and Haegeman, W. Geological characteristics and geotechnical properties of Eocene and Quaternary deposits on the Belgian continental shelf: Synthesis in the context of offshore wind farming. *Netherlands Journal of Geosciences (Geologie en Mijnbouw)*, v. 84, no. 2, p. 147-160, 2005.
- [10] Le, T.M.H., Eiksund, G.R., Strøm, P.J., Saue, M. Geological and geotechnical characterisation for offshore wind turbine foundations: A case study of the Sheringham Shoal wind farm. *Engineering Geology*, 177, 40-53, 2014.
- [11] Vidal O, B. Goffé and N. Arndt Metals for a low-carbon society. *Nature Geoscience*, v. 6, no. 11, p. 894-896, 2013.
- [12] Grandell L, A. Lehtilä, M. Kivinen, T. Koljonen, S. Kihlman and L.S. Lauri Role of critical metals in the future markets of clean energy technologies. *Renewable Energy*, v. 95, p. 53-62, 2016.
- [13] Arrobas, D. L. P, K. L. Hund, M. S. McCormick, J. Ningthoujam and J. R. Drexhage. The Growing Role of Minerals and Metals for a Low Carbon Future, *World Bank Group*, 112 pp, 2017.
- [14] Holmes, R., Fugagnoli, A. & Zalasiewicz. What will COVID-19 look like to geologists in the far future? [Internet] *Business Standard*; 2020. [citirano 28. Jul 2020]. Dostupno na https://www.business-standard.com/article/current-affairs/what-will-coronavirus-pandemic-look-like-to-geologists-in-the-far-future-120072901167_1.html

SUMMARY

THE CHALLENGES FOR Z-GENERATION GEOLOGISTS

The emerging generation of geologists is facing some problems which are known to their predecessors, as well as, until now, new and unknown challenges. The fact that many associate geology with dirty technologies in which there will be less job opportunities, at the time when clean water, soil and air are being pursued, as well as considering it as old-fashioned in current time of rapidly advancing technologies, which have led to significant interest drop in geology studies. It is necessary, even in early education phase, to intrigue future geology students by explaining them that geology uses most advanced technologies and has skills which could be efficiently used in environmental protection projects. Energy transition is impossible without active participation of geologists who would implement their knowledge and experience during carbon-oxide storage, geothermal energy use and future wind farm location. The construction of high-quality climate forecast models is impossible without geologists, who study climate changes in the geological history. One of the challenges is the COVID 19 pandemic which will most probably leave a mark in the Anthropocene sedimentary record.

Key Words: zoomers, education, advance technologies, energy transition, COVID 19