Šesto masovno izumiranje

Vukelić, Mara

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

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:217:960509

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET

BIOLOŠKI ODSJEK

ŠESTO MASOVNO IZUMIRANJE

SIXTH MASS EXTINCTION

SEMINARSKI RAD

Mara Vukelić

Preddiplomski studij Znanosti o okolišu

(Undergraduate Study of Environmental Sciences)

Mentor: prof. dr. sc. Ivana Maguire

Zagreb, 2018.

Sadržaj

1. Uvod……1

2. "Velika petorka"……2

3. Šesto masovno izumiranje u tijeku……..…..4

3.1. Broj vrsta i stope izumiranja…….…...4

3.1.1. Usporedba moderne i pozadinske stope izumiranja……4

3.1.2. Broj vrsta na Zemlji……..6

4. Uzroci šestog masovnog izumiranja……..…7

4.1. Rast ljudske populacije…….……7

4.2. Glavni uzroci smanjenja bioraznolikosti……..7

4.2.1. Odnos površine i broja vrsta……..9

4.2.2. Klimatske promjene i procjena izumiranja u budućnosti……9

4.2.3. Utjecaj klimatskih promjena na širenje patogena i izumiranje vodozemaca……..10

4.2.4. Zakiseljavanje oceana……..……11

5. Vrijednost bioraznolikosti……...……13

6. Zaključak……15

7. Literatura……17

8. Sažetak……21

9. Summary……21

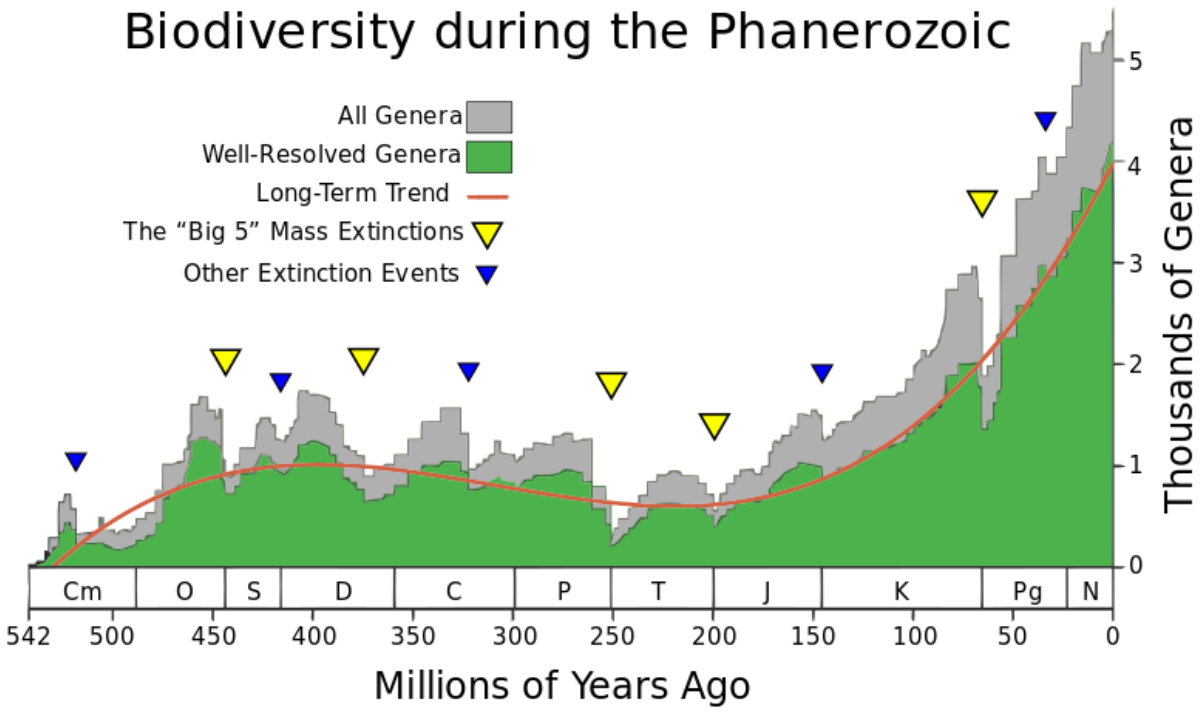
1. Uvod

Znanstvenici su procijenili da vrste danas izumiru 100 do 1000 puta brže nego što je to bilo prije pojave čovjeka (Pimm i sur. 1995). Neki čak procjenjuju da bi do kraja ovog stoljeća mogla izumrijeti polovica biljnih i životinjskih vrsta zbog destruktivnog ljudskog utjecaja na naš planet (Thomas i sur. 2004). Ako se ovaj scenarij zaista ostvari čovječanstvo će morati platiti veliku cijenu. Spoznaja o opadanju bioraznolikosti postoji već dugo u znanstvenim krugovima, ali je problem što široke mase ne znaju za ove događaje i ne razumiju njihovu ozbiljnost. Postoji li netko tko razmišlja o koraljnom grebenu, koji propada tamo negdje tisućama kilometara daleko zbog klimatskih promjena, dok ulazi u svoj auto i na putu do posla ispušta još malo ugljikova dioksida u atmosferu. Ako taj čovjek i razmišlja o tome pri ulasku u auto, razumije li posljedice tog događaja?

Cilj ovog seminara je podignuti svijest o nestajanju i važnosti bioraznolikosti te objasniti da se šesto masovno izumiranje zaista događa, da to nije nikakva znanstvena fantastika i da je puno više od opasnosti izumiranja karizmatičnih pandi. Potrebno je poduzeti učinkovite mjere za očuvanje bioraznolikosti, a da bi to bilo moguće veći broj ljudi se mora informirati i shvatiti problem. Senegalski pjesnik i borac za zaštitu prirode Baba Dioum lijepo je sažeo tu potrebu ovim riječima: "Na kraju sačuvamo samo ono što volimo, volimo samo ono što razumijemo, a razumijemo samo ono o čemu smo poučeni."

2. "Velika petorka"

Može se reći da je začetnik ideje o izumiranju kao normalnoj evolucijskoj pojavi bio Georges Cuvier. Krajem 18. stoljeća on je spoznao da je postojao drugačiji svijet od onoga koji je bio poznat ljudima tog doba. Tvrdio je kako je taj svijet uništen nekakvom katastrofom i da je takav događaj bio iznenadan, ne nužno jedinstven i da je moguće da se ponovi u budućnosti (Rudwick 1997). Danas znamo da je Cuvier bio u pravu kada je riječ o izumiranju, te da je nestanak, isto kao i nastanak novih vrsta, dio normalnog evolucijskog procesa. Kada govorimo o nestancima, posebno se ističu masovna izumiranja koja paleontolozi definiraju kao geološki beznačajno kratka razdoblja u kojima nestane više od tri četvrtine svih vrsta na Zemlji. Tijekom geološke prošlosti našega planeta zabilježeno je pet takvih događaja u proteklih 540 milijuna godina (Barnosky i sur. 2011) koja se popularno nazivaju "velika petorka" (Slika 1.).



Slika 1. Bioraznolikost tijekom fanerozoika. Žuti trokutići pokazuju vrijeme pet velikih masovnih izumiranja koja su se dogodila u proteklih 540 milijuna godina.

(preuzeto s https://en.wikipedia.org/wiki/Phanerozoic)

Uzroci masovnih izumiranja su brojni. Tako je Walter Alvarez, otkrivši iridijske anomalije u gradiću Gubbiju u Italiji, nakon mnogo odbačenih hipoteza zajedno sa svojim ocem Luisom došao do hipoteze o udaru asteroida. Objasnili su kako je asteroid udario u Zemlju te su nakon udara velike količine materijala u obliku prašine dospjele u stratosferu. To je značajno utjecalo na sve procese na Zemlji te je uzrokovalo masovno izumiranje (Alvarez i sur. 1980). Taj događaj jedino objašnjava masovno izumiranje na kraju krede prije 65 milijuna godina s time da sam udar nije odmah izazvao izumiranje već se ono dogodilo kao posljedica kombinacije ovog i još nekih čimbenika (Šolić 2009) (odsutnost sunčeve svjetlosti zbog izdizanja velikih količina materijala u atmosferu, prestanak fotosinteze, poremećaj svih hranidbenih odnosa u hranidbenoj mreži zbog izravnog utjecaja na proizvođače) (Alvarez i sur. 1980). Ostali uzroci naglih izumiranja mogli su biti goleme vulkanske erupcije i posljedice takvih aktivnosti kao što su oslobađanje ogromnih količina ugljikova dioksida i sumporovodika ili pak zamračenje neba vulkanskom prašinom. Takvi događaji mogli su dovesti do globalne promijene temperature, koje pak uzrokuju druge mnogobrojne razloge izumiranju kao što npr. globalno zatopljenje može dovesti do anoksije i masovnog pomora vodenih vrsta. Općenito su se znanstvenici složili da su uzrok masovnim izumiranjima klimatske promjene (Šolić 2009). Postoji još puno teorija i hipoteza o uzrocima izumiranja; Tako jedna od njih govori kako su masovno izumiranje na kraju ordovicija, za koje se zna da je uzrokovala oledba, skrivile nevaskularne biljke. Moguće je da su se naglo proširile i iz atmosfere izvukle toliko ugljikova dioksida da je došlo do globalnog zahlađenja i formiranja velikih ledenih pokrova (Lenton i sur. 2012). O razlozima pet velikih izumiranja postoji jako puno hipoteza, knjiga i znanstvenih radova, ali vjerojatno si nikada s potpunom sigurnošću nećemo moći predočiti kako je izgledao svijet u tim periodima i što se točno događalo. Međutim, postoji masovno izumiranje kojemu točno znamo krivca i jako dobro razumijemo što se događa. To je šesto masovno izumiranje, događa se u sadašnjosti, a uzrokuje ga čovjek (Barnosky i sur. 2011, Ceballos i sur. 2015, Ceballos i sur. 2017, Šolić 2009, Wake i Vredenburg 2008).

3. Šesto masovno izumiranje u tijeku

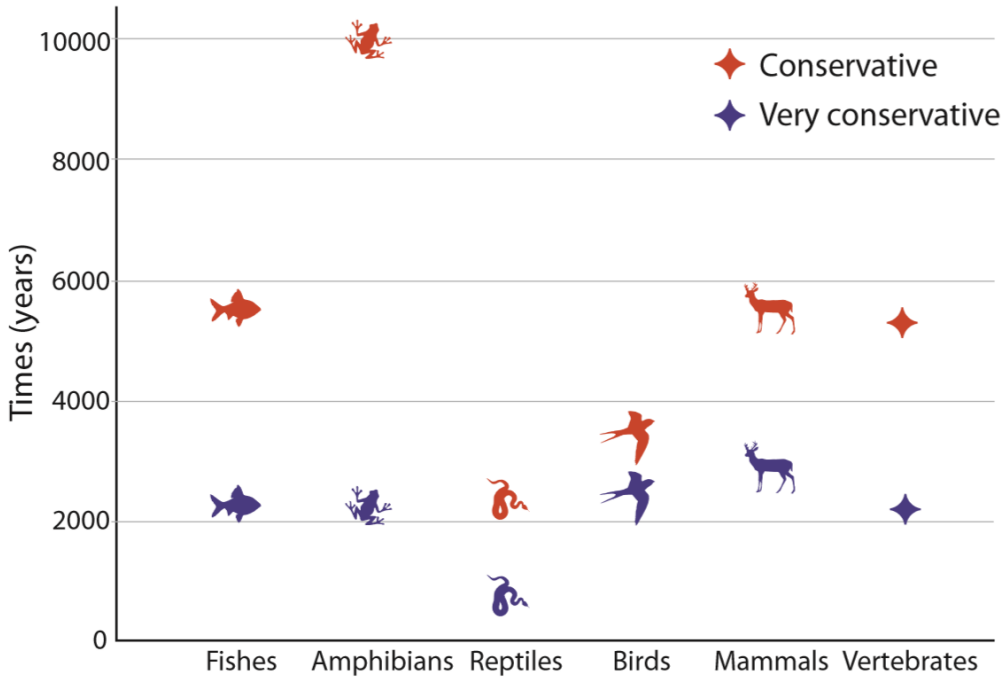
3.1. Broj vrsta i stope izumiranja

Čovjekov utjecaj na okoliš i živi svijet nije započeo tek industrijskom revolucijom u 18. stoljeću, a ni agrarnom revolucijom koja je započela prije nekih 12-10 tisuća godina. Naša je vrsta kolonizirala Sjevernu Ameriku i Australiju prije 12-50 tisuća godina, a to je vrijeme povezano i s nestajanjem brojnih vrsta velikih sisavaca na tim područjima, ali to se ne pripisuje samo ljudskom utjecaju nego, u većoj ili manjoj mjeri, i klimatskim promjenama. U kasnom pleistocenu 85% vrsta velikih tobolčara i ptica izumrlo je na području Australije što se naziva izumiranjem megafaune (životinje teže od 44 kilograma) (Pullin 2002). Postoje brojna previranja o tome jesu li takav događaj uzrokovale klimatske promjene ili čovjek. Danas iz postojećih dokaza možemo zaključiti da antropogeni utjecaj nikako ne može biti isključen te da je vjerojatno u kombinaciji s klimatskim promjenama uzrokovao izumiranje megafaune u pleistocenu (Wroe i Field 2006). Ovo je samo jedan od primjera čovjekova utjecaja na smanjenje bioraznolikosti u prošlosti, a kako bismo realno procijenili taj utjecaj danas, potrebno je znati: stopu kojom su vrste nestajale u predljudsko doba (pozadinska stopa izumiranja); stopu kojom vrste danas nestaju; ukupni broj vrsta na Zemlji. Tu počinju problemi, jer je teško takve procjene napraviti i one su vrlo nepouzdane (Šolić 2009).

3.1.1. Usporedba moderne i pozadinske stope izumiranja

Za procjenu stope izumiranja najčešće se koristi mjera E/SMY koja govori koliki je broj izumrlih vrsta (E) na milijun vrsta u godinu dana (SMY). U ovom pristupu stopa izumiranja prije pojave čovjeka procjenjuje se na temelju paleontoloških podataka, odnosno fosilnih nalaza (Barnosky i sur. 2011). Da bismo zaključili nešto o stopama izumiranja u predljudsko doba i danas, moramo ih usporediti za određenu skupinu životinja. Pošto je prema IUCN-u (International Union for Conservation of Nature) 88% do 100% vrsta sisavaca danas otkriveno i opisano (Ceballos i sur. 2015), usporedba se najčešće radi za ovu skupinu. Pozadinska stopa izumiranja za sisavce iznosi oko 1,8, što znači da na milijun vrsta godišnje izumru skoro dvije vrste (Barnosky i sur. 2011). Međutim, moderna stopa izumiranja mnogo je veća. Ceballos i suradnici su 2015. godine odredili, koristeći se podacima IUCN-a o zabilježenim izumrlim vrstama od 1500. godine, da je današnja stopa izumiranja sisavaca 8 do 100 puta veća od pozadinske. Analiza je uključila restriktivne metode kojima su čak sveli na minimum dokaze o

početku šestog masovnog izumiranja. Tako je od 1500. do 2014. godine zabilježeno 279 izumrlih vrsta sisavaca, od čega ih je 198 izumrlo od 1900. do 2014. godine. To predstavlja gubitak od skoro dvije vrste godišnje, ali ne na milijun vrsta sisavaca, kako bi to bilo prema pozadinskoj stopi izumiranja, nego na 5513 koliko ih je opisano do 2014. godine, što govori da je moderna stopa izumiranja puno veća od pozadinske (Slika 2.). I dok su Ceballos i suradnici jako strogim izračunima došli do ovakvih zabrinjavajućih rezultata kada su u pitanju sisavci, mnogi znanstvenici se slažu kako je moderna stopa izumiranja zapravo 100 do 1000 puta veća od one kakva je bila prije pojave čovjeka (Pimm i sur. 1995; Šolić 2009,).



Slika 2. Broj godina koji bi bio potreban da kralješnjaci izumrli od 1900. do 2014. godine izumru prema pozadinskoj stopi izumiranja od 2 E/SMY. Crvene oznake predstavljaju jako stroge procjene, a plave stroge procjene. Svakoj vrsti bi trebalo između 800 i 10000 godina.

(preuzeto iz Ceballos i sur. 2015)

3.1.2. Broj vrsta na Zemlji

Jako je teško procijeniti broj živućih vrsta na Zemlji i u tim procjenama koriste se mnogi različiti pristupi i metode. Entomolog Terry Erwin 1970-ih procijenio je da samo u tropskom području živi oko 30 milijuna vrsta člankonožaca. Pretpostavio je to proučavajući kornjaše i njihovu ovisnost o određenoj vrsti drveta, procijenivši da kornjaši čine 40% svih vrsta člankonožaca te da na svaku od oko 50 tisuća vrsta stabala može doći i do 600 vrsta člankonožaca (May 1988). Jedna pak druga procjena govori da na svaku vrstu sisavaca, ptica i ostalih velikih životinja u umjerenim područjima dolaze dvije vrste u tropskim područjima (Raven 1983). Ako bi se ovakav izračun primijenio i na ostale organizme, osobito kukce, procjenjuje se da bi na Zemlji postojalo tek 3-5 milijuna vrsta (May 1988). Nadalje, Mora i suradnici (2011) su procijenili da postoji oko 8,7 (+/- 1,3) milijuna vrsta eukariota od čega ih oko 2,2 (+/- 0,18) milijuna živi u moru. Procjenu su temeljili na pretpostavci da postoji predvidljiv uzorak prema kojemu se može procijeniti broj vrsta unutar neke taksonomske grupe. Iz svega navedeno je očito da različiti pristupi u izračunu daju različite procjene broja vrsta, te da su neslaganja u brojkama između nekih jako velika. Ipak se s vremenom velika različitost procjena smanjila i generalni je konsenzus da na Zemlji postoji između 10 i 15 milijuna vrsta (Pullin 2002).

U Sjedinjenim Američkim Državama 2000. godine iz državnih i privatnih izvora potrošeno je između 150 i 200 milijuna dolara na istraživanje sistematike različitih organizama, a u istraživanjima je sudjelovalo oko 3000 znanstvenika-sistematičara. Ova ulaganja su mala, imajući u vidu da bi, u slučaju da robotska vozila na Marsu otkriju život, Amerikanci vjerojatno potrošili milijarde dolara na istraživanja i klasifikaciju vrsta. Čovječanstvo sporo istražuje svoj planet, ali unatoč tome biolozi su otkrili da je Zemljina biološka raznolikost mnogo bogatija nego što se prije moglo i zamisliti. Međutim, ta raznolikost sve brže nestaje te bismo do kraja stoljeća mogli izgubiti polovicu biljnih i životinjskih vrsta koje danas postoje na Zemlji (Wilson 2006). Ne znajući točan broj vrsta ne možemo ni znati kolikom broju prijeti izumiranje, ali smo sigurni da je ono u tijeku i teško je i kompleksno sa sigurnošću procijeniti koliko zapravo biološke raznolikosti gubimo.

4. Uzroci šestog masovnog izumiranja

Pojavom čovjeka na Zemlji nastupila je kriza bioraznolikost kao posljedica njegove aktivnosti. Ljudska vrsta je mijenjala način života kroz povijest, od lovaca i sakupljača, preko prvih poljoprivrednika do modernog čovjeka kakvog poznajemo danas. Sukladno ljudskom napretku i pod antropogenim utjecajem mijenja se i okoliš. Svakim danom zbog porasta ljudske populacije raste potreba za hranom, energijom i životnim prostorom, a time raste i pritisak na okoliš.

U razvijenim zemljama industrija i ekonomija naglo se razvijaju te se povećava životni standard stanovništva. U manje kompetitivnim, nerazvijenim zemljama, životni standard se smanjuje i sve se više eksploatiraju prirodna staništa i resursi kako bi ove zemlje, u očajničkoj utrci za razvojem, probale sustići ostale države (Pullin 2002).

4.1. Rast ljudske populacije

Broj ljudi na Zemlji prije otprilike 10-12000 godina p.n.e., kada je započela agrarna revolucija, nije bio veći od 5 milijuna. Otprilike 5000 godina p.n.e. u Brončanom dobu taj broj je narastao na oko 100 milijuna (Pullin 2002), dosegao je brojku od jedne milijarde početkom 19. stoljeća (https://ourworldindata.org/world-population-growth) , a između 1860. i 1991. godine broj ljudi se učetverostručio, dok se potreba za energijom povećala s 1 milijarde MW na 93 milijarde MW (Cohen 1995). Danas je veličina ljudske populacije premašila brojku od 7,6 milijardi, a do 2040. godine procjenjuje se da će broj ljudi na Zemlji biti oko 9 milijardi (http://www.theworldcounts.com/counters/shocking_environmental_facts_and_statistics/world_population_clock_live).

4.2. Glavni uzroci smanjenja bioraznolikosti

Prema IUCN-u glavni uzroci ugroženosti bioraznolikosti su: nestanak i degradacija staništa, unošenje invazivnih vrsta, prekomjerna eksploatacija prirodnih resursa, onečišćenje i bolesti te antropogeno uzrokovane klimatske promjene (http://www.iucnredlist.org/news/biodiversity-crisis).

Najveći utjecaj na smanjenje bioraznolikosti ima upravo prvo navedeno, a to je uništavanje i degradacija staništa kao što je npr. deforestacija. Siromaštvo i nedostatak obradivih površina u zemljama u razvoju često rezultira krčenjem tropskih šuma. Kako ljudska populacija na tim područjima raste, potrebe za hranom su sve veće, a time i potrebe za novim obradivim

površinama što za posljedicu ima daljnje uništavanje i degradaciju staništa. Drvne kompanije bogatih zemalja iskorištavaju potrebu siromašnih, a šumama bogatih država za novcem. Izgradnja cesta za potrebe odvoženja posječenog drveta uzrokuje i fragmentaciju staništa, a na iskrčena područja doseljavaju se farmeri. Ovaj proces se nastavlja i sve više šume nestaje iz godine u godinu. Godišnje u Brazilu nestaje 2 554 000 hektara, a u Kostariki 41 000 hektara tropskih šuma što je 3% njihove ukupne količine. Također deforestacija i povećavanje broja stoke na rubovima pustinja ubrzavaju eroziju tla i uzrokuju dezertifikaciju krajobraza. Godišnje se oko 6 milijuna hektara zemlje diljem svijeta pretvara u pustinjske krajolike (Pullin 2002). Postoje i indirektni utjecaji deforestacije na vrijeme i klimu. Iako ima određenih nesigurnosti u modeliranju, mnogi modeli pokazuju, i znanstvenici se slažu, da deforestacija utječe na vrijeme i klimu na lokalnoj, regionalnoj i globalnoj razini (Miller i Cotter 2013). Klimatske promjene mogu pogodovati i širenju patogena i bolesti kao što će biti navedeno u poglavlju 4.2.3..

Najviše globalnom zatopljenju i zagrijavanju Zemlje pridonose staklenički plinovi čija je povećana koncentracija u atmosferi također rezultat antropogenog djelovanja (ispušni plinovi iz automobila, industrija,…). Takvo zagrijavanje nije ništa novo, neobično ili čudno. Zemlja je u prošlosti bila i toplija nego što je danas. Problem leži u brzini kojom se promjene događaju, a tu je krivac čovjek. Živi svijet se jednostavno ne stigne prilagoditi promjenama u okolišu koje su posljedica ubrzanih klimatskih promjena. S posljedicama, kao što je na primjer zagrijavanje, organizmi su se u prošlosti mogli nositi na način da migriraju u povoljnija područja . Danas su ljudi toliko izmijenili krajolike diljem cijelog svijeta, fragmentirali i uništili staništa, izgradili svoje vlastite, urbane krajolike, da životinje jednostavno ne mogu migrirati, odnosno pobjeći na sigurnija/stabilnija/adekvatnija područja (Pullin 2002).

Veliki negativni utjecaj na bioraznolikost imaju i invazivne vrste. Čovjek je kolonizirao skoro svaki dio kopna na Zemljinoj površini te sa sobom namjerno ili slučajno introducirao mnoge druge vrste biljaka i životinja. Puno njih imalo je devastirajući učinak na nativnu floru i faunu uzrokujući u konačnici smanjenje bioraznolikosti. Nadalje čovjek ne koristi populacije životinja i biljaka, kao što su neke vrste riba za prehranu ili vrste drveća koje služe kao građevni materijal, na održiv način. Zbog prekomjerne eksploatacije mnogim je vrstama smanjen broj u toj mjeri da su proglašene ugroženima. (Pullin 2002).

Na posljetku, antropogena aktivnost mijenja i kemiju okoliša. Različite kemikalije čovjekovim djelovanjem dospijevaju u ekosustave gdje inače nisu prisutne ili im je koncentracija veća nego što je to prirodno normalno te to nazivamo onečišćenjem. Ekosustavi uglavnom ostaju prepoznatljivi, ali može doći do manjih ili izraženijih promjena u njihovoj dinamici, u sastavu vrsta kao i u interakcijama između organizama (Pullin 2002).

4.2.1. Odnos površine i broja vrsta

Odnos površine i broja vrsta može se matematički izraziti jednadžbom $S = CA^z$ gdje je S broj vrsta, A površina, C je konstanta dobivena presijecanjem krivulje i y-osi, a z je nagib krivulje, odnosno brzina kojom vrste popunjavaju prostor. C i z variraju ovisno o istraživanoj taksonomskoj skupini (Pullin 2002). Današnji antropogeni pritisak, na cijelom planetu, utječe na smanjene pogodnih površina za normalan život organizma, odnosno u gore navedenoj jednadžbi smanjuju vrijednost A. Smanjenjem površine, ukoliko vrijednosti C i z ostanu konstantne, smanjuje se i S, odnosno broj vrsta na tom području.

4.2.2. Klimatske promjene i procjena izumiranja u budućnosti

Thomas i suradnici (2004) proveli su istraživanje u kojem su procijenili rizik izumiranja do 2050. godine, za 1103 odabrane vrste biljaka i životinja, radi globalnog zagrijavanja. Procjene su napravljene za dva ekstremna slučaja; u prvom slučaju sve su vrste sesilne i ne pomiču se porastom temperature, a u drugom slučaju su vrlo pokretne. Zatim su za svaki od ova dva slučaja korištene tri metode procjene mogućnosti izumiranja koje su se temeljile upravo na odnosu između površine i broja vrsta. To se pravilo može primijeniti bez obzira na to proizlazi li izumiranje iz redukcije staništa koja je uzrokovana njegovim uništavanjem ili njegovom klimatskom nestabilnošću (kao u ovom slučaju). Procjene za dva gore navedena slučaja napravljene su i za tri klimatska scenarija: ako se zagrijavanje zadrži na minimumu (0,8-1,7°C), bude srednje jačine (1,7°C-2,0°C) ili dosegne maksimum (>2°C). Kada bi se zagrijavanje zadržalo na minimumu, a vrste bile pokretne izumrlo bi ih 9-13%. Ako bi bile inertne i ne bi uspjele „pobjeći“ predviđa se da bi ih izumrlo 22-31%. Kod scenarija u kojem zagrijavanje do 2050. godine prelazi 2°C predviđeno je izumiranje 21-32% migratornih vrsta, a čak 38-52% sesilnih vrsta.

Paleontolog s kalifornijskog sveučilišta u Berkeleyu, Anthony Barnosky, je svojoj knjizi "Heatstroke: Nature in an Age of Global Warming" (2009) napisao kako se sve više približavamo scenariju maksimalnog porasta temperature i da izumiranje prijeti 21% do 52% vrsta. Slikovito je taj scenarij opisao sljedećim riječima: "Pogledajte oko sebe. Pobijte polovicu svega što vidite. Ili ako se osjećate velikodušno, pobijte samo četvrtinu onoga što vidite. To je možda ono što nas čeka."

He i Hubbell (2011) kritizirali su rad Thomasa i suradnika iz 2004. godine istaknuvši kako bi njihove procjene izumiranja trebale biti doživljene kao krajnje moguć, ekstreman scenarij.

Općenito tvrde kako su procjene izumiranja, temeljene na odnosu broja vrsta i veličine površine, često precijenjene i to do 160%. Lewis (2005) je isto istaknuo da su predviđanja Thomasa i suradnika (2004), u najmanju ruku, nesigurna, te da će proći neko vrijeme prije nego saznamo koliko su uopće precizna različita predviđanja opsega izumiranja i da će do tada, na žalost, vjerojatno biti prekasno za poduzimanje adekvatnih mjera. Thomas i suradnici (2004) su napisali kako u predviđanju stopa izumiranja postoje mnoge nepoznanice te da se dobiveni rezultati ne bi trebali uzimati kao precizna predviđanja. Međutim, unatoč svim nesigurnostima u procjenama, sigurno je da je antropogeno uzrokovano globalno zagrijavanje odgovorno za smanjenje bioraznolikosti barem onoliko koliko su to i ostale prepoznate prijetnje za biološku raznolikost (Lewis 2005).

Iako možda razmjere izumiranja u budućnosti nije najbolje procjenjivati na temelju odnosa broja vrsta i površine, ne smijemo zaboraviti da je činjenica kako se smanjenjem površine staništa smanjuje i broj vrsta i da se izumiranja događaju.

4.2.3. Utjecaj klimatskih promjena na širenje patogena i izumiranje vodozemaca

Recentna procjena pokazuje kako je više od trećine vrsta vodozemaca, skupine životinja koja se uspjela održati kroz posljednje četiri masovne ekstinkcije, u opasnosti od izumiranja. Zna se da je ovaj trend rastući zato što veći dio vrsta živi u tropskom području i ima mali životni areal. Na ovako usko prilagođenu i rasprostranjenu skupinu životinja uništavanje staništa i klimatske promjene imaju devastirajući utjecaj.

Jedan od najistraživanijih slučajeva smanjenja broja vodozemaca je onaj iz planinskog lanca Sierra Nevade u Kaliforniji. Nekada su vodozemci bili najbrojnija skupina kralježnjaka u tom visočju te su dobro dokumentirani zahvaljujući ranijim istraživanjima Grinenella i Storera (Wake i Vredenburg prema Grinell i Storer 1924). 1980-ih znanstvenici su postali svjesni smanjenja populacija i broja vrsta vodozemaca na tom području. Istraživanja u NP Yosemite su pokazala da su žabe nestale s 32% površina gdje su bile povijesno rasprostranjene, a preostale populacije reducirane su na nekoliko jedinki. 2001. godine u Sierra Nevadi otkrivena je gljivica *Batrachochytrium dendrobatidis* (Longcore, Pessier i D.K. Nichols, 1999) odgovorna za ovaj događaj. Ta gljivica uzrokuje bolest hitridiomikozu koja je smrtonosna za vodozemce i smatra se uzročnikom izumiranja više od 200 vrsta vodozemaca (Wake i Vredenburg 2008).

Radi kolapsa populacija vodozemaca u regiji Monteverde u Costa Rici 1987. godine, Pounds i suradnici proveli su petogodišnje istraživanje od 1990. do 1994. godine. Tijekom istraživanja, na području od 30 km^2, nestalo je dvadeset vrsta žaba. Istraživači su zaključili kako se ne radi

samo o godišnjim fluktuacijama u veličini populacija. Njihova pretpostavka je potvrđena u kasnijim istraživanjima; do 1996. godine nijedna nestala vrsta se nije opet pojavila. Također, na istraživanom području, opala je i brojnost populacija daždevnjaka. Promjena ili uništavanje staništa isključeni su kao uzrok ovih događaja jer se radi o zaštićenom području te neke druge vrste osjetljive na fragmentaciju šuma, kao što su neke ptice, nisu doživjele promjenu u populacijama (Pounds i sur. 1997). Pounds i suradnici (2006) zaključili su kako globalno zagrijavanje uzrokuje izumiranje mnogih vrsta te kako su epidemije kojima pogoduju klimatske promjene velika prijetnja bioraznolikosti. Upravo su ova dva faktora razlog ugroženosti i nestanka vodozemaca u šumama Monteverdea jer je zagrijavanje na većoj skali uzrokovalo takve lokalne promjene temperature koje su pogodovale gljivici *Batrachochytrium dendrobatidis* i širenju hitridiomikoze na tom području.

Lips i suradnici (2006) detektirali su *B. dendrobatidis* u El Copeu u Panami krajem rujna 2004. godine. U prosincu iste godine potvrđeno je da je ovaj patogen inficirao 40 vrsta vodozemaca. Došlo je do masovnog pomora i gubitka bioraznolikost u osam porodica žaba i daždevnjaka. Nakon istraživanja zaključeno je da uzrok ovog događaja nisu prirodne fluktuacije u populaciji, način uzorkovanja ili neki drugi čimbenik nego gljivica *B. dendrobatidis*. Njezina visoka zaraznost i veliki broj potencijalnih domaćina prijete globalnoj bioraznolikosti vodozemaca, te su ovi znanstvenici predvidjeli da će u neotropima izumrijeti još veliki broj vrsta ove skupine. Naglasili su kako nije više točno govoriti o globalnom opadanju u populacijama vodozemaca nego da se radi o njihovom globalnom izumiranju.

Ovi slučajevi dokazuju kako zatopljenje uzrokovano stakleničkim plinovima i kao rezultat toga, intenzificiranje hidrološkog ciklusa, zajedno sa zagađenjem zraka utječu na život na Zemlji. Dolazi do promjena u formiranju oblaka te se tako mijenjaju uvjeti temperature, svjetla i vlage u mnogim ekosustavima. To mijenja ekološke interakcije organizama i prijeti opstanku mnogih vrsta (Pounds i sur. 2006).

4.2.4. Zakiseljavanje oceana

Plinovi iz atmosfere otapaju se u oceanima, a količina ugljikovog dioksida (CO_2) koju moraju apsorbirati oceani zbog antropogenog djelovanja puno je veća nego što je bila prije pojave čovjeka. Takav tip onečišćenja, gdje je koncentracija CO_2 veća nego što je to prirodno normalno, uzrokuje promjene u kemiji morske vode koje mogu imati dramatičan utjecaj na morske ekosustave u gornjim slojevima oceana. Međuvladin panel o klimatskim promjenama (IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change) procjenjuje da će, ukoliko se emisije

CO_2 nastave ovim tempom, razina atmosferskog CO_2 do kraja ovog stoljeća doseći 800 ppm. Ta razina je u predindustrijsko doba iznosila oko 280 ppm što znači da će pH mora pasti s predindustrijske vrijednosti od 8,2 na 7,8. Rezultat toga bit će povećanje kiselosti oceana za 150%. Zakiseljavanje oceana smanjuje koncentraciju karbonatnih iona (CO_3^{2-}) i zasićenost kalcitom i aragonitom u gornjim slojevima oceana. Zbog toga su direktno ugroženi svi organizmi kalcifikatori, odnosno organizmi koji od kalcijeva karbonata grade kućicu ili skelet (Feely i sur. 2009).

Kako bi pokazali utjecaj zakiseljavanja oceana, Hall-Spencer i suradnici (2008) proučavali su morska staništa u kojima su se nalazili vulkanski otvori na morskom dnu koji ispuštaju plin koji sadrži 90,1–95,3% CO_2. Utvrdili su da na mjestima gdje je pH iznosio 7,8-7,9 ima 30% manje vrsta (posebice kalcifikatora) nego na mjestima s normalnim pH (8,1-8,2). Tijekom mjerenja, vrijednost pH je u kraćim periodima iznosila svega 7,4-7,5 što je sigurno dodatno doprinijelo smanjenju bioraznolikosti oko vulkanskih otvora. Mnoge vrste u istraživanju na koje je utjecalo smanjenje pH preživjele su periode zakiseljavanja oceana u prošlosti, ali je danas upitno jesu li za to sposobne jer se zbog antropogenog djelovanja zakiseljavanje događa prebrzo i možda neće biti dovoljno prostora i vremena da se ovi organizmi prilagode (Hall-Spencer i sur. 2008).

Jedna od skupina životinja jako osjetljiva na zakiseljavanje oceana su koralji koji su već ionako oslabljeni i propadaju zbog antropogeno uzrokovanog globalnog zatopljenja koje remeti njihovu simbiozu sa zooksantelama. Gubitkom zooksantela koralji izblijede i takvi događaji povećavaju smrtnost koralja i smanjuju energiju koja je dostupna za reprodukciju i rast. To znači da u zakiseljenom okolišu gdje je potreban veći utrošak energije za kalcifikaciju, koralji oslabljeni drugim čimbenicima nemaju energiju za rast (Pandolfi i sur. 2011). Puno eksperimentalnih istraživanja je pokazalo da se povećanjem CO_2 u atmosferi do 560 ppm kalcifikacija i rast koralja mogu smanjiti i do 40% (Hoegh-Guldberg i sur. prema Kleypas i Langdon 2006). Knoll i suradnici (2007) naglašavaju da je prebrzi, kontinuirani porast koncentracije CO_2 u atmosferi ono što uzrokuje smanjenu koncentraciju karbonatnih iona potrebnih za kalcifikaciju, a ne apsolutna vrijednost CO_2. Koncentracija CO_2 mijenja se takvom brzinom da se genotipovi i fenotipovi koralja ne mogu prilagoditi iznenadnim promjenama u okolišu dovoljno brzo.

5. Vrijednost bioraznolikosti

Biljne i životinjske vrste na Zemlji imaju izravnu i neizravnu vrijednost za ljude. Onu izravnu predstavlja sve što ima i neposrednu ekonomsku vrijednost, kao što su hrana i lijekovi, te industrijska, rekreacijska i obrazovna vrijednost. Oko 40% lijekova u svijetu dobiva se od biljaka ili životinja (Šolić 2009). Mnogi ljudi zaboravljaju, ako su ikada i znali, da su gusjenice noćnog leptira *Cactoblastis cactorum* (Berg) iz američkih tropa spriječile prekomjerno širenje kaktusa australskim pašnjacima (Dodd 1940), kako su alkalodi iz biljke madagaskarski zimzelen pomogli u liječenju Hodgkinsonove bolesti, akutne dječje leukemije i mnogih drugih tipova karcinoma (Mann 2002). Jedna tvar iz gljive *Cordyceps sinensis* (Berk.) omogućila je uspješno presađivanje bubrega (Ding i sur. 2011), a tvari iz sline pijavica i danas se koriste u manjim operacijama, te npr. liječenju promrzlina ili artritisa (Munshi i sur. 2008). Očuvanjem vrsta i bioraznolikosti čuvamo one organizme od kojih imamo korist, ali i one čiju bi potencijalnu vrijednost tek mogli otkriti. Nadalje, ogromnu ekonomsku vrijednost imaju mnogobrojni kukci. Ukupni broj klasificiranih kukaca iznosi oko devetsto tisuća vrsta (https://www.si.edu/spotlight/buginfo/bugnos). Broj tih vrsta mogao bi dosezati čak 10 milijuna uzevši u obzir vrste koje tek treba otkriti, a biomasa im je ogromna, te oni na ovom planetu ne služe samo za popunjavanje prostora. Ljudima su za preživljavanje potrebni kukci, ali kukcima ljudi nisu. Kada bi ljudi sutra izumrli za njima bi nestale samo tri vrste ljudske uši koje obitavaju na čovjekovu tijelu i glavi. Međutim, kada bi sutra nestali kukci, većina cvjetnjača prestala bi se reproducirati, došlo bi do spiralnog izumiranja zeljastih biljka, grmlje i drveće koje oprašuju kukci u rijetkim bi slučajevima opstalo još nekoliko stotina godina, velika većina ptica i drugih kopnenih kralježnjaka bi izumrla, populacije gljiva i bakterije eksplozivno bi se proširile, a uglavnom neobrađeno tlo ubrzalo bi propadanje biljaka jer su, suprotno mišljenjima, kukci, a ne gujavice, najvažnije životinje koje preokreću i obnavljaju tlo. Ljudska vrsta bi opstala, ali brojnost bi joj se značajno smanjila. "Jedva opstajući u razorenom svijetu, zatočeni u ekološkom mračnom dobu, preživjeli bi se molili za povratak korova i stjenica." (Wilson 2006).

Biološka raznolikost ima i svoju estetsku vrijednost. Ekoturisti koji posjećuju različite države kako bi uživali u njihovim prirodnim ljepotama potroše godišnje oko 12 milijardi dolara, a treba uzeti u obzir i knjige, filmove i obrazovne programe na temu biološke raznolikosti koje čitaju, gledaju i slušaju ljudi širom svijeta (Šolić 2009). Koraljni grebeni značajno doprinose ekoturizmu, a u nekim državama osiguravaju i do polovice BDP-a (bruto domaći proizvod) (Hoegh-Guldberg i sur. prema Bryant i sur. 1998). Propadanje koraljnih grebena koje se spominje u poglavlju 4.2.4. nema samo potencijalno jako loše posljedice po ekoturizam već i

za ribolov i zaštitu obala (Hoegh-Guldberg i sur. 2007). Ljudi kao hranu koriste veliki broj morskih vrsta koje su životno vezane uz koraljne grebene. Dok koraljni grebeni propadaju, procjenjuje se da će do 2050. godine biti potrebno dodatnih 156 000 km^2 ovakvih ekosustava da bi bilo moguće prehraniti rastuću populaciju koja ovisi o njima. Samo u Aziji koraljni grebeni osiguravaju stanište za jednu četvrtinu ribe od ukupnog godišnjeg ulova, odnosno prehranjuju oko 1 milijardu ljudi (Hoegh-Guldberg i sur. prema UNEP 2006). Infrastruktura, ljudi i ekosustavi poput mangrovih šuma, laguna i livada morske trave postaju puno ranjiviji i osjetljiviji na valove i oluje zbog nestanka koraljnih grebena. Razina viša od 500 ppm CO_2 u atmosferi ozbiljno bi ugrožavala ove bitne ekosustave, a s njima i desetke milijuna ljudi koji o njima direktno ovise (Hoegh-Guldberg i sur. 2007). Za sada je najveća razina CO_2 koja je zabilježena 2018. godine iznosila 412,60 ppm (https://www.co2.earth/daily-co2).

Ipak, najbitnija stvar je da nam ostali organizmi na Zemlji proizvode kisik, reguliraju globalnu klimu, stvaraju plodno tlo, pročišćuju vodu, sudjeluju u kruženju tvari i protoku energije te nam proizvode ili služe kao hrana. Svi organizmi u prirodi su na neki način povezani. Što ih je više, prirodni sustavi su stabilniji, a izbacivanje jedne vrste iz hranidbene mreže neminovno će imati veće ili manje posljedice po ostale organizme. Možda nam se neke vrste u prirodi čine nevažnima jer ne znamo koju točno funkciju obavljaju ili pak ima još puno vrsta koje imaju identičnu/sličnu ulogu u ekosustavu kao i one. Međutim, čak i ako više vrsta obavlja istu funkciju ne znači da su neke suvišne. Ukoliko u okolišu dođe do promjena, svaka od vrsta može reagirati na različit način. Neke vrste mogu nestati ako se ne uspiju prilagoditi te odjednom može ostati samo jedna koja će obavljati neku funkciju u ekosustavu i održavati ga stabilnim. „Zalihe vrsta“ služe kao osiguranje od promjena u okolišu te su ekosustavi s manjom bioraznolikošću puno osjetljiviji i ranjiviji od onih čija je biološka raznolikost veća. Postoji velika potreba za boljim razumijevanjem kako gubitak vrsta utječe na stabilnost ekosustava, odnosno pitanje je koliko vrsta može nestati prije nego li se to odrazi na normalno funkcioniranje ekosustava (Šolić 2009).

6. Zaključak

U tijeku je masovno izumiranje, ali ga ovaj put ne uzrokuju velike prirodne sile ili izvanzemaljski asteroid. Ovo šesto masovno izumiranje uzrokuje ljudska vrsta. Ta vrsta, *Homo sapiens* (L.), pripada carstvu životinja i nema nikakve natprirodne sposobnosti, a opet utječe na planet razornom snagom udara asteroida ili velikih vulkanskih erupcija. Prvo načelo ljudske ekologije glasi: "*Homo sapiens* je vrsta ograničena na ekstremno malu nišu." (Wilson 2006). Mi smo fizički ograničena, krhka vrsta koja se zahvaljujući svome intelektu naučila okoristit prirodom kao nijedno živo biće do sad. Uspjeli smo naseliti gotovo svaki dio planeta i iskoristiti gotovo sve što se na njemu nalazi. Svakim danom sve više ovisimo o prirodi, a što ju više trebamo, to ju više i uništavamo i degradiramo. Politika je već predugo takva da se kratkotrajni profit stavlja ispred dugoročnih negativnih posljedica, a bogatstvo prirode i dalje tretira kao neiscrpan izvor resursa koji su tu za ljude da ih koriste kao da su nepresušni, a znamo da nije tako. Navedeni uzroci izumiranja u ovom seminaru i nekoliko primjera samo su zagrebli površinu svega onoga što čovjek čini svom planetu. Američki biolog i borac za zaštitu prirode Edward O. Wilson (2006) je napisao sljedeće: " Prirodnoj evoluciji trebalo je u prosjeku deset milijuna godina da popravi ono što je učinio svaki od prvih pet valova izumiranja. Nova stanka od deset milijuna godina je neprihvatljiva. Čovječanstvo mora donijeti odluku, i to upravo sada: sačuvati prirodno nasljeđe Zemlje, ili pustiti da se buduće generacije prilagođavaju biološki osiromašenom svijetu. Nema načina da izbjegnemo taj izbor." U našem interesu bi trebala biti zaštita biološke raznolikosti upravo kako bismo osigurali vlastiti opstanak. Nemamo se mogućnost prilagoditi svakom okruženju kojeg zagadimo ili uništimo, naša evolucija nije toliko brza. Možemo se nadati da ćemo ju možda ubrzati sami, novim znanstvenim spoznajama i modifikacijama ljudskog genoma. Međutim E. O. Wilson (2006) ima uvjerljivi argument protiv toga: "…ljudski genom možemo modificirati samo uz određene rizike. Daleko je bolje raditi s ljudskom naravi takvom kakva jest, mijenjajući društvene institucije i moralna načela kako bismo ostvarili gotovo optimalno okruženje za svoje gene, nego se petljati u nešto što je stvoreno eonima pokušaja i pogrešaka." Imamo snažnu moć poricanja onoga što se događa s našim planetom, to je prilagodba koju imamo kako bismo mogli nastaviti sa svojim svakodnevnim životom. Vjerujemo u ljudski intelekt i mislimo da će on uvijek pronaći rješenje za sve probleme, a ne shvaćamo da je vrijeme za njihovo rješavanje odavno počelo istjecati, da posljednji put citiram Wilsona (2006): "Ovo nije vrijeme za znanstvenu fantastiku, nego za zdrav razum i sljedeći recept: ekosustavi i vrste mogu se spasiti samo razumijevanjem

jedinstvene vrijednosti svake vrste, i uvjeravanjem ljudi koji imaju vlast nad njima da trebaju služiti kao njihovi čuvari."

Preživimo li kao vrsta još nekoliko stotina ili tisuća godina, nećemo biti pamćeni po svjetskim ratovima, političarima, ekonomskim krizama, vrijednim slikama, građevinama i ostalome. Pamtit će nas se po industrijskoj i tehnološkoj revoluciji i tome što smo uspjeli napustit Zemlju i zaviriti u svemir. Ali bojim se da će i to postati nebitno, kada se buduće generacije budu pitale kako smo mogli u nekoliko desetaka godina uzrokovati šesto masovno izumiranje.

Georges Cuvier koji se spominje na početku drugog poglavlja vjerojatno nije očekivao da će ljudska vrsta biti onaj katastrofalni događaj koji bi se mogao ponoviti u budućnosti i uzrokovati novo masovno izumiranje.

7. Literatura

Alvarez L. W., Alvarez W., Asaro F., Michel H. V. 1980: Extraterrestrial Cause for the Cretaceous-Tertiary Extinction, Science, 208 (4448), 1095-1108

Barnosky A. D., Matzke N., Tomiya S., Wogan G. O. U., Swartz B., Quental T. B., Marshall C., McGuire J. L., Lindsey E. L., Maguire K. C., Mersey B., Ferrer E. A. 2011: Has the Earth's sixth mass extinction already arrived?, Nature 471 (7336), 51-57

Barnosky A. D. 2009: Witnessing Extinction, Heatstroke, Nature in an Age of Global Warming, Island Press, Washington, 55-56

Bryant D. L., Burke D. L., McManus J., Spalding M. 1998: Reefs at risk: a map-based indicator of threats to the world's coral reefs, World Resources Institute, Washington D.C.

Ceballos G., Ehrlich P. R., Dirzo R. 2017: Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebate populatio losses and declines, PNAS 114 (30), 6089-6096

Ceballos G., Ehrlich P. R., Barnosky A. D., Garcia, A., Pringle R. M., Palmer T. M. 2015: Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction, *Sci. Adv*, DOI: 10.1126/sciadv.1400253

Cohen J. E. 1995: Population growth and Earth's human carrying capacity, Science, 269 (5222), 341-346

Ding C., Tian P. X., Xue W., Ding X., Yan H., Pan X., Feng X., Xiang H., Hou J., Tian X. 2011: Efficacy of Cordyceps sinensis in long term treatment of renal transplant patients, Frontiers in Bioscience, E3 (1), 301-307

Dodd A.P. 1940: The biological campaign against prickly-pear, Commonwealth Prickly Pear Board, Brisbane

Feely R. A., Doney S. C., S. R. Cooley 2009: Ocean Acidification, Oceanography 22 (4), 36-47

Grinnell J., Storer T. I. 1924: Animal Life in the Yosemite, Univ of California Press, Berkeley, CA

Hall-Spencer J. M., Rodolfo-Metalpa R., Martin S., Ransome E., Fine M., Turner S. M., Rowley S. J., Tedesco D., Buia M.-C., 2008: Volcanic carbon dioxide vents show ecosystem effects of ocean acidification, Nature 454 (7200), 96-99

He F. i Hubbell S. P. 2011: Species–area relationships always overestimate extinction rates from habitat loss, Nature 473 (7347), 368-371

Hoegh-Guldberg O., Mumby P. J., Hooten A. J., Steneck R. S., Greenfield P., Gomez E., Harvell C. D., Sale P. F., Edwards A. J., Caldeira K., Knowlton N., Eakin C. M., Iglesias-Prieto R., Muthiga N., Bradbury R. H., Dubi A., Hatziolos M. E. 2007: Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification, Science 318, 1737-1742

Kleypas J., Langdon C. 2006: Coral Reefs and Changing Seawater Carbonate Chemistry, Coastal and Estuarine studies, 73-110

Knoll A. H., Bambach R. K., Payne J. L., Pruss S., Fischer W. W. 2007: Paleophysiology and end-Permian mass extinction, Earth and Planetary Science Letters 256, 295-313

Lenton T. M., Crouch M., Johnson M., Pires N., Dolan L., 2012: First plants cooled the Ordovician, Nature Geoscience 5 (2), 86-89

Lewis O. T. 2005: Climate change, species-area curves and the extinction crisis, Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 361 (1465), 163-171

Lips K. R., Brem F., Brenes R., Reeve J. D., Alford R. A., Voyles J., Carey C., Livo L., Pessier A. P., Collins J. P. 2006: Emerging infectious disease and the loss of biodiversity in a Neotropical amphibian community, PNAS 103 (9), 3165-3170

Mann J. 2002: Natural products in cancer chemotherapy: past, present and future, Nature reviews Cancer 2 (2), 143-148

May R. M. 1988: How Many Species are There on Earth?, Science, 241 (4872), 1441-1449

Miller C., Cotter J. 2013: An impending storm: Impacts of deforestation on weather patterns and agriculture, Greenpeace International, Amsterdam

Mora C., Tittensor D. P., Adl S., Simpson A. G. B., Worm B. 2011: How Many Species Are There on Earth and in the Ocean?, PLoS Biology 9 (8), DOI: 10.1371/journal.pbio.1001127

Munshi Y., Ara I., rafique H., Ahmad Z. 2008: Leeching in the History-A review, Pak. J. Biol. Sci. 11 (13), 1650-1653

Pandolfi J. M., Connolly S. R., Marshall D. J., Cohen A. L. 2011: Projecting Coral Reef Futures Under Global Warmingg and Ocean Acidification, Science 333 (6041), 418-422

Pimm S. L., Russell G. J., Gittleman J. L., Brooks T. M. 1995: The Future of Biodiversity, Science 269, 347-350

Pounds J. A., Bustamante M. R., Coloma L. A., Consuegra J. A., Fogden M. P., Foster P. N., La Marca E., Masters K. L., Merino-Viteri A., Puschendorf R., Ron S. R., Sánchez-Azofeifa G. A., Still C. J., Young B. E. 2006: Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming, Nature 439 (7073), 161-167

Pounds J. A., Fogden M. P. L., Savage J. M., Gorman G. C. 1997: Tests of Null Models for Amphibian Declines on a Tropical Mountain, Conservation Biology 11 (6), 1307-1322

Pullin, A. S. 2002: Conservation biology, Cambridge University Press, Cambridge

Raven P. H. 1983: The Challenge of Tropical Biology. Bulletin of the Entomological Society of America 29 (1), 4–13

Rudwick M. J. S. 1997: Living and Fossil Elephants: Georges Cuvier, fossil bones, and geological catastrophes: new translations and interpretations of the primary texts, University of Chicago Press, Chicago, 18

Šolić, M. 2009: Pozornica biološke raznolikosti: Energetski problemi prirode, Vidmar, S., ur.: Ljepote različitosti, Izvori, Zagreb, 80-86

Thomas C. D., Cameron A., Green R. E., Bakkenes M., Beaumont L. J., Collingham Y. C., Erasmus B. F. N., Ferreira de Siqueira M., Grainger A., Hannah L., Hughes L., Huntley B., van Jaarsveld A. S., Midgley G. F., Miles L., Ortega-Huerta M. A., Peterson A. T., Phillips O. L., Williams S. E. 2004: Extinction risk from climate change, Nature 427 (6970), 145-148

UNEP 2006: Marine and coastal ecosystems and human well-being: A synthesis report based on the findings of the Millennium Ecosystem Assessment, United Nations Environmental Programme

Wake D. B. i Vredenburg V. T. 2008: Are we in the midst of the sixth mass extinction? A view from the world of amphibians, PNAS 105, 11466-11473

Wilson E. O. 2006: The Creation: An Appeal to Save Life on Earth, W. W. Norton & Company, Inc.

Wroe S., Field J. 2006: A review of the evidence for a human role in the extinction of Australian megafauna and an alternative interpretation, Quaternary Science Reviews 25, 2692-2703

https://www.co2.earth/daily-co2

http://www.iucnredlist.org/news/biodiversity-crisis

https://ourworldindata.org/world-population-growth

https://www.si.edu/spotlight/buginfo/bugnos

http://www.theworldcounts.com/counters/shocking_environmental_facts_and_statistics/world_population_clock_live

8. Sažetak

U geološkoj prošlosti planeta Zemlje dogodilo se pet masovnih izumiranja kojima su uzroci bili velike klimatske promjene i prirodne katastrofe. Unatoč procjenama koje je teško napraviti i koje su nepouzdane, znamo da je današnja stopa izumiranja veća od pozadinske, možda čak i do 1000 puta. Uzrok tome je rastuća ljudska populacija i utjecaj koji čovjek ima na ovaj planet. Biološka raznolikost smanjuje se na cijelom planetu i u tijeku je šesto masovno izumiranje. Ljudskoj vrsti je ta bioraznolikost prijeko potrebna za opstanak i moramo učiniti nešto da ju spasimo prije nego li bude prekasno.

9. Summary

There were five mass extinctions in the geological history of Earth. They were caused by severe climate changes and natural disasters. In spite of uncertain estimates that are hard to come by, we know that modern extinction rate is higher than the background extinction rate, maybe even up to 1000 times. This is caused by human population growth and by the human impact on this planet. Biodiversity is globally decreasing and sixth mass extinction is under way. Human species needs that biological diversity to survive and we have to do something to conserve it before it is too late.