

Dr Tin Lukić
Dr Biljana Basarin

UVOD U PRIRODNE NEPOGODE I HAZARDE U GEOGRAFSKOJ SREDINI

Novi Sad, 2025

Prof. dr Tin Lukić, redovni profesor Prirodno-matematičkog fakulteta u Novom Sadu
Prof. dr Biljana Basarin, redovni profesor Prirodno-matematičkog fakulteta u Novom Sadu

UVOD U PRIRODNE NEPOGODE I HAZARDE U GEOGRAFSKOJ SREDINI

Prvo izdanje, 2025. godine

Izdavač:

Departman za geografiju, turizam i hotelijerstvo, Prirodno-matematički fakultet,
Univerzitet u Novom Sadu,
www.dgt.uns.ac.rs

Glavni i odgovorni urednik (PMF)

Prof. dr Milica Pavkov Hrvojević, dekan

Glavni i odgovorni urednik (DGT)

Prof. dr Lazar Lazić

Uredništvo

Prof. dr Aleksandra Dragin
Prof. dr Milena Nedeljković Knežević
Prof. dr Mladen Jovanović

Recenzenti

Prof. dr Slobodan B. Marković, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad
Prof. dr Dragoslav Pavić, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad
Prof. dr Miško M. Milanović, Geografski fakultet, Beograd

Lektor i korektor:

Marija Filipović Urednik.rs

Rukopis je prihvaćen za štampu kao univerzitetski udžbenik
odlukama Nastavno-naučnog veća:

Departmana za geografiju, turizam i hotelijerstvo od 10.03.2022
Prirodno-matematičkog fakulteta, broj 0602-07-454/21-7 od 17.03.2022

ISBN: 978-86-7031-542-6

CIP - Каталогизација у публикацији Библиотеке Матице српске, Нови Сад

504.4(075.8)

ЛУКИЋ, Тин, 1984-

Uvod u prirodne nepogode i hazarde u geografskoj sredini [Elektronski izvor] / Tin Lukić, Biljana Basarin. -
1. izd. - Novi Sad : Prirodno-matematički fakultet, 2022

Način pristupa (URL): <http://www.dgt.uns.ac.rs/udzbenici/>. - Opis zasnovan na stanju na dan 11.4.2022. -

Nasl. s naslovnog ekrana. - Bibliografija.

ISBN 978-86-7031-542-6

1. Басарин, Биљана, 1981- [аутор]

а) Природне непогоде

COBISS.SR-ID 63446793



PREDGOVOR

Poštovani studenti,

pred vama je prvo izdanje udžbenika pod nazivom „*Uvod u prirodne nepogode i hazarde u geografskoj sredini*”, koji svojim sadržajem, sveobuhvatnošću, i priložima odgovara zahtevima savremenog obrazovanja i pruža neophodne informacije koje trebaju da Vam pomognu u sticanju kompleksnih saznanja o različitim vidovima hazardnih pojava i procesa, njihovoj prostornoj i vremenskoj distribuciji, kao i faktorima koji dovode do stvaranja rizika i narušavanja bezbednosti ne samo u antropogenim sistemima, već generalno u geografskom prostoru.

Sistematsko proučavanje prirodnih hazarda na Departmanu za geografiju, turizam i hotelijerstvo na Prirodno-matematičkom fakultetu Univerziteta u Novom Sadu je prožeto nastojanjima da se istraži celokupna kauzalnost između prirodnog okruženja i brojnih interakcija između geoprostora i čoveka. Ova istraživanja se sprovode intenzivno u zadnjih petnaestak godina na matičnom fakultetu. Iako prirodni hazardi predstavljaju različite vrste opasnosti za čovekovu okolinu i njega samog, oni nisu rezultat samo procesa koji su karakteristični za prirodno okruženje već su to i dodatni procesi nastali iz interakcije prirodnih fenomena i antropogenih sistema. Razumevanja ovih interakcija, kao i njihova prostorna analiza od primarnog su značaja kada je reč o naučnoj disciplini (u okviru geonauka) čiji su predmet proučavanja prirodne nepogode, hazardi i katastrofe. Dati predmet obrađuje različite vrste prirodnih hazarda i nepogoda, njihove procese i posledice, naročito u pogledu prostorne distribucije i kompleksnih uticaja u geoprostoru. Udžbenik je namenjen studentima geografije i geoinformatike na osnovnim akademskim studijama na Prirodno matematičkom fakultetu u Novom Sadu, Departmanu za geografiju, turizam i hotelijerstvo.

Nastavno-naučna svrha udžbenika je sticanje znanja koje bi omogućilo objektivno analiziranje problematike prirodnih nepogoda, hazarda i katastrofa sa različitih aspekata, podizanje svesti ljudskih zajednica radi smanjenja njihovog negativnog uticaja, a u cilju pomoći zajednicama u pogledu jačanja otpornosti, ublažavanja i predupređivanja delovanja ovakvih prirodnih fenomena.

Posebna zahvalnost autora upućena je akademiku prof. dr Slobodanu B. Markoviću (Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet), prof. dr Dragoslavu Paviću (Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet) i prof. dr Mišku M. Milanoviću (Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet) koji su svojim savetima uticali da se kvalitet udžbenika poboljša.

Autori

SADRŽAJ

PREDGOVOR	3
UVODNE NAPOMENE	7
PRIRODNE NEPOGODE	9
Broj i učestalost prirodnih nepogoda	11
Neke od najsmrtonosnijih prirodnih nepogoda u zabeleženoj ljudskoj istoriji	12
Pojam i terminologija.....	15
Definicija prirodnih nepogoda.....	17
Magnituda, frekvencija i period ponovnog javljanja prirodnih nepogoda	22
Uticaj prirodnih nepogoda i katastrofa.....	22
<i>Uticaj i posledice geofizičkih katastrofa</i>	<i>23</i>
<i>Uticaj i posledice hidroloških katastrofa.....</i>	<i>24</i>
<i>Uticaj i posledice meteoroloških katastrofa</i>	<i>26</i>
Teorijski okvir prirodnih nepogoda.....	29
Shvatanje prirodnih katastrofa.....	35
<i>Katastrofa kao odmazda — Božji čin</i>	<i>35</i>
<i>Katastrofa kao fizički fenomen — čin prirode</i>	<i>35</i>
<i>Katastrofa kao čin interakcije prirode i čoveka</i>	<i>35</i>
<i>Katastrofa kao složeni spoj prirodno-ljudsko-socijalno-ekonomskih faktora</i>	<i>36</i>
Klasifikacija prirodnih nepogoda i katastrofa	38
VRSTE PRIRODNIH NEPOGODA.....	40
Geofizičke ili litološke nepogode	40
Vulkanizam	41
Vulkanski hazardi	44
Tokovi lave	44
Izbacivanje otrovnih gasova i oblaci tefre	45
Piroklastični tokovi i udarni talasi	46
Toksični gasovi i kisele kiše.....	47
Lahari ili vulkanski blatnjavi tokovi.....	47
Topljenje lednika (Jökulhlaups) i pokretanje lavina.....	48
<i>Prognoze i utvrđivanje rizika od vulkanske aktivnosti</i>	<i>48</i>
Zemljotresi	51
Seizmički hazardi	54
Seizmička rejonizacija i mikrorcjonizacija.....	55
Prognoziranje zemljotresa.....	56
Karta seizmičkog hazarda teritorije Srbije	57
Geomorfološke nepogode.....	58
Klizišta.....	58
Podela klizišta	59
Klizišta na teritoriji Srbije.....	62
Primeri registrovanih klizišta i odrona sa katastrofalnim posledicama	62
Hidrološke nepogode	64
Poplave	64
Poplave u Srbiji	67
Odbrana od poplava	69
Meteorološke i klimatske nepogode	69
Ekstremne temperature.....	70
Sistemi ranog upozorenja i prilagođavanja	73

Suša	75
Uticaj suše na okruženje	79
Suše u Srbiji.....	80
Ekstremne padavine.....	80
Biološke nepogode.....	85
Epidemije	85
Teški akutni respiratorni sindrom (Severe acute respiratory Syndrome - SARS)	86
Ebola	87
COVID-19	89
Mere suzbijanja zaraznih bolesti.....	90
PRIRODNI HAZARDI	92
Karakteristike prirodnih hazarda	96
Klasifikacija hazarda	103
Osnovi klasteri hazarda.....	105
Meteorološki i hidrološki hazardi	105
Ekstraterestrički hazardi.....	105
Geofizički	105
Hazardi u životnoj sredini	105
Hemijski hazardi	106
Biološki hazardi.....	106
Tehnološki hazardi	106
Društveni hazardi	107
RIZIK OD PRIRODNIH HAZARDA I NEPOGODA.....	108
Definicija rizika od prirodnih hazarda i nepogoda	110
Percepcija rizika od prirodnih hazarda	112
Upravljanje rizicima od prirodnih hazarda	117
Ranjivost od prirodnih hazarda	119
Definicija pojma ranjivosti	121
Konceptualni okvir ranjivosti	123
Dvostruka struktura ranjivosti	123
Pelingov model (Pelling model).....	124
Okvir ranjivosti MOVE	124
Izražavanje ranjivosti.....	125
Vrste ranjivosti od prirodnih hazarda	126
Fizička ranjivost	127
Socijalna ranjivost.....	127
Ekonomska ranjivost	128
Ekološka ranjivost.....	128
PRIRODNE NEPOGODE U SRBIJI	129
Profil prirodnih opasnosti.....	129
Upravljanja prirodnim nepogodama u Srbiji.....	130
Nacionalni zakonski, strateški, institucionalni okvir upravljanja rizikom od prirodnih katastrofa	131
Strateški okvir	132
Institucionalni okvir	132
Prirodne nepogode i njihove posledice u Srbiji	133
LITERATURA.....	137



UVODNE NAPOMENE

Analiza katastrofalnih događaja omogućava ljudima da pokažu njihovu neodvojivost od svakodnevnog života, kao i izloženost riziku velikog broja ljudi kroz njihov normalan životni tok. Katastrofe predstavljaju složenu mešavinu prirodnih opasnosti i ljudskog delovanja.

Sve izraženije delovanje čoveka uslovalo je sve snažniju degradaciju prirodnih uslova na Zemljinoj površini. Ove promene su rezultat prirodnih procesa a njihov intenzitet modifikovan je delovanjem čoveka. Kao rezultat, javili su se i ekstremni prirodni događaji, kao toplotni talasi, suše, poplave i slično. Brojne geoprostorne i vremenske analize ukupnog broja, učestalosti, intenziteta ovih prirodnih nepogoda nedvosmisleno ukazuju na njihov porast na Zemlji, kao i na činjenicu da su preuzele primat u odnosu na tehničko-tehnološke opasnosti. Upravo zato se, u svetu a i kod nas, razvijaju sistemi ranog upozorenja, kao i osveščivanje stanovništva o boljem reagovanju u takvim situacijama.

U godini 2020. EMDAT¹⁾ beleži 389 prirodnih katastrofa u kojima je život izgubilo 15 080 ljudi, a pogođeno je, direktno ili indirektno – 98.4 miliona, dok su materijalne štete iznosile 171.3 milijarde američkih dolara. Godina 2020. postala je najtoplija godina od kada postoje instrumentalna merenja temperature, uprkos odsustvu snažnog efekta El Ninja. Osim po pandemiji COVID-19, 2020. godina ostaće upamćena i kao godina sa velikim brojem klimatskih katastrofa. U poređenju sa prethodne dve decenije (2000–2019), 2020. godine zabeležen je veći broj katastrofa i značajniji ekonomski gubici. Međutim, manje je bilo smrtnih ishoda u poređenju sa višegodišnjim prosekom (61 709) i manje je ljudi bilo direktno pogođeno u odnosu na isti prosek (201.3 miliona ljudi). Ovo smanjenje uzrokovano je odsustvom događaja sa masovnim žrtavama, poput cunamija u Indijskom okeanu 2004. (227 000 smrtnih slučajeva) i zemljotresa na Haitiju 2010. (222 500 smrtnih slučajeva) ili događaja visokog uticaja, poput suše u Indiji 2015/2016. (milion ljudi pogođeno). Međutim, u 2020. godini bilo je 26% više oluja u odnosu na višegodišnji prosek od 102, 23% više poplava i 18% više smrtnih slučajeva. Prostorni raspored katastrofa nije bio ujednačen u 2020. godini: Azija 41% od ukupnog broja događaja i 64% od ukupno pogođenih

ljudi. Od posledica toplog talasa u Evropi je stradalo 42% od ukupnog broja žrtava za ovaj kontinent.

U godini rekordnih oluja i požara, američki kontinent je zbog prirodnih nepogoda pretrpeo čak 53% od ukupnih ekonomskih gubitaka, uglavnom u SAD, koje su iskusile najveće ekonomske gubitke. Najveći broj katastrofa (ukupno 29 događaja), uključujući 25 poplava, zabeležen je u Indoneziji. U Indiji i Kini, ovi fenomeni pogodili su najviše ljudi: 19.6 miliona i 14.9 miliona.

Najučestaliji katastrofalni događaji bile su poplave (201), dok su oluje pogodile najveći broj ljudi širom sveta (45.5 miliona) i prouzrokovalle najveće finansijske gubitke (92.7 milijardi dolara).

Ekstremno visoke temperature bile su najsmrtonosniji katastrofalni događaji (42% ukupnog broja smrtnih slučajeva), praćene poplavama (41%). Topli talas u Zapadnoj Evropi (Francuska, Belgija i Nizozemska) bio je najsmrtonosniji događaj drugu godinu za redom, prouzrokujući 6340 smrtnih ishoda. Negativan uticaj poplava osetio se u Africi i Aziji. U Africi je poplavama pogođeno 7 miliona ljudi a 1 273 osobe su izgubile život, što je najveći broj još od 2006. godine. U Južnoj Aziji, monsunske poplave, često povezane sa klizištima, promenile su živote 5.4 miliona ljudi, a u Bangladešu i bile odgovorne za 448 smrtnih ishoda u Nepal. U Indiji, poplave su bile treći po redu smrtonosni događaj i usmratile 1 922 osobe. Poplave u Kini su se javile kao serija od četiri letnje poplave, odnele 397 života i pogodile 14.3 miliona stanovnika, prouzrokujući štete od 21.8 milijardi dolara.

Rekordan broj uragana (30) obeležio je sezonu 2020. godine u Atlantskom okeanu. Uragan Eta bio je najpogubniji jer je uticao na najveći broj ljudi u najviše država (7.1 milion u 10 država – od Kolumbije do SAD) i po broju smrtnih slučajeva (394). Honduras i Gvatemala pretrpeli su najveće gubitke. Uprkos rekordima oborenim u atlantskom sektoru, u Aziji je najveći broj direktno ljudi pogođenih dejstvom tropskih ciklona. U maju, ciklon Amfan (Amphan) zahvatio je dve

¹⁾ EMDAT je međunarodna baza prirodnih nepogoda (<https://www.emdat.be/>).

azijske zemlje i promenio živote 18 miliona ljudi u Indiji i 2.6 miliona u Bangladešu. U drugoj polovini godine serije oluja poharale su Jugoistočnu Aziju prouzrokujući ogromne štete. U Vijetnamu šest uzastopnih oluja kombinovanih sa poplavama i klizištima u periodu od tri meseca odnelo 294 života i ugrozilo 2.2 miliona. Na Filipinima oluje i polave u istom periodu ubile su 185 osoba a ugrozile 9.2 miliona. Sahel su pogodile izuzetne suše i ugrozile živote 13.4 miliona ljudi u Maliju, Burkini Faso i Nigeriji. Požari na zapadnoj obali SAD prouzrokovali su štete veće od 10 milijardi dolara.

Na kraju, iako je godina bila relativno mirna što se tiče geofizičkih događaja, zemljotres u Turskoj ubio je 115 osoba i poslužio kao podsetnik na to koliko ozbiljni ovi nemili događaji mogu biti. Zemljotresi su, u poslednjih 20 godina, bili najsmrtonosniji katastrofalni događaji.

Analiza kvantitativnih podataka ukazuje na trend povećanja broja prirodnih katastrofa. Prema učestalosti, na globalnom nivou izdvajaju se sledeće katastrofe: poplave, oluje, zemljotresi, ekstremne temperature, klizišta, suše, požari, vulkanske aktivnosti, masovna pomeranja tla (klizišta). Prema pomenutom EMDAT-u, u periodu od 1998. do 2017. godine u ukupnom broju prirodnih katastrofa suša učestvuje sa 4.8 % i nalazi se na šestom mestu. Suše su znatno manje učestale u odnosu na najbrojnije prirodne katastrofe – oluje i poplave, ali je broj pogođenih ljudi veoma velik. Na primer, u toku 2017. godine 126 poplava ugrozilo je 55 miliona ljudi, dok se sedam suša negativno odrazilo na 10 miliona ljudi. Na sve veće posledice suša ukazuju i procene ekonomskih gubitaka. Za deset godina, od 2007. do 2016. godine, suše su izazvale gubitke u visini od 7.8 biliona dolara. U toku samo jedne, 2017. godine, ukupni ekonomski gubici iznosili su 2.4 milijarde američkih dolara.

Ovi podaci ukazuju na rastući trend katastrofalnih hidro-klimatskih događaja usled promena klime. Poplave, topli talasi, suše, uragani u poslednjih desetak godina beleže rastući trend. Ovaj trend se dovodi u direktnu vezu sa količinom gasova staklene bašte koji se emituju u atmosferu i posledično dovode do nestabilnosti u klimatskom sistemu. Najnoviji izveštaj Međuvladinog panela za klimatske promene (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) donosi nam tvrdnju: “Nedvosmisleno je da je ljudski uticaj zagrejao atmosferu, okean i kopno. Došlo je do široko rasprostranjenih i brzih promena u atmosferi, okeanu, kriosferi i biosferi” (It is unequivocal that human influence has warmed the atmosphere, ocean and land. Widespread and rapid changes in the atmosphere, ocean, cryosphere and biosphere have occurred.” (IPCC, 2021, 41 strana))

Upravo zato se ekstremni događaji, pre svega klimatološki i meteorološki, sve više proučavaju; razvijaju se nove metodologije za identifikovanje i analizu. Stepenn našeg razumevanja i sposobnosti predviđanja, međutim, uveliko varira među različitim sektorima i disciplinama. Štaviše, tradicionalni indeksi ekstremnih klimatskih uslova i klimatski modeli koji se koriste za buduće projekcije ekstremnih događaja i povezanih uticaja često ne uspevaju da obuhvate svu složenost sistema.

Sve veći broj prirodnih nepogoda, kao i velika zainteresovanost javnosti za ovu problematiku, nametnuli su potrebu sistematizovanog pristupa izučavanju. Iz tog razloga, sadržaj ovog udžbenika obuhvatio je analizu recentnog stanja prirodnih uslova na Zemljinoj površini, ali sa posebnim osvrtom na teritoriju Srbije.



PRIRODNE NEPOGODE

O d svog postanka ljudi i društvo u celini konstantno su se susretali sa razornim dejstvom prirodnih sila i njihovim posledicama. Posledice prirodnih nepogoda se sagledavaju kroz broj žrtava, materijalne gubitke, kao i dugoročne negativne uticaje na životnu sredinu.

Definicije prirodnih katastrofa su brojne, ali zajedničko im je to da objašnjavaju uticaj prirodnog procesa na ljude, društvo i prirodnu sredinu. Jedna od najviše korišćenih i prihvaćenih definicija u geografskim istraživanjima glasi: *Iznenadni događaji nastali delovanjem prirodnih procesa velikih razmera koji utiču na redovne ljudske aktivnosti, prouzrokuju žrtve, gubitak ili oštećenje imovine i u određenoj meri prevazilaze kapacitet zajednice da se nosi sa njima predstavljaju prirodne nepogode ili katastrofe.* Od svojih početaka i kroz sve faze svog razvoja, ljudska zajednica je bila izložena razornim posledicama prirodnih katastrofa. Katastrofe su prouzrokovalе teške posledice, kao što su veliki broj žrtava i značajan materijalni gubitak, a potrebni su veliki naponi i ogromna ulaganja da se one prevaziđu.

Katastrofe se događaju na mestima gde prirodni procesi koncentrišu energiju, a zatim je oslobađaju sporo ili iznenadno, prouzrokujući materijalne štete i gubitke ljudskih života. Da bismo razumeli prirodne procese koji dovode do katastrofa sa velikim brojem žrtava neophodno je poznavati izvore energije koji ih pokreću. U raspravi o prirodnim nepogodama, koristi se termin „proces“ da označi fizičke, hemijske i biološke načine na koje događaji

kao što su erupcije vulkana, zemljotresi, klizišta i poplave utiču na površinu Zemlje. Neki od ovih procesa, kao što su vulkanske erupcije i zemljotresi, rezultat su delovanja unutrašnjih sila duboko u Zemlji. Zemlja je aktivna planeta sa različitim protocima energije: (1) iz unutrašnjosti Zemlje, (2) od Sunca, (3) od gravitacionih tokova (4), i od sudara sa asteroidima i kometama.

Unutrašnja energija neprestano teče iz unutrašnjosti Zemlje ka površini. Unutrašnjost Zemlje sadrži ogromnu zalihu toplote akumulirane od samog njenog nastanka i od toplote oslobođene raspadom radioaktivnih izotopa. Tokom kratkih vremenskih perioda, unutrašnja energija se oslobađa kao erupcija vulkana (Slika 1) ili kao seizmički talasi zemljotresa. Većina ovih unutrašnjih procesa objašnjava se teorijom tektonike ploča, jednom od osnovnih objedinjujućih teorija u geološkim naukama. Tokom geološkog vremena, tok unutrašnje energije je doveo do stvaranja kontinenata, okeana i atmosfere. Na planetarnoj skali, ovaj odliv i kretanje unutrašnje energije dovodi do pomeranja i sudara kontinenata, stvarajući tako planinske lance i uzvišene visoravni.



Slika 1. Zemljina unutrašnja energija izbija na površinu kao vulkan. Na slici je erupcija vulkana Pu'u O'o-Kupaianaha na Havajima, 18. avgusta 2010. (Keller et al., 2019).

Drugi procesi povezani sa prirodnim nepogodama su rezultat delovanja spoljašnjih sila koje se nalaze na površini Zemlje ili veoma blizu nje.

Spoljašnju energiju Zemlja dobija od Sunca. Na primer, sunčeva energija zagreva Zemljinu atmosferu i površinu, dovodeći do stvaranja vetrova i povećanog isparavanja vode. Četvrtina Sunčeve energije koja stigne do Zemlje dovodi do isparavanja i podizanja vodene pare u atmosferu. Atmosferska cirkulacija, kretanje vetra i isparavanje vode su odgovorni za formiranje klimatskih zona na Zemlji, kao i za kretanje vode u hidrološkom ciklusu. Ove sile su direktno povezane sa pojavom opasnih procesa kao što su oluje i poplave (Slika 2). Klizišta su rezultat dejstva gravitacije na padinama brda i planina. Gravitacija je sila fizičkog privlačenja mase – u ovom slučaju, privlačenje materijala na površini Zemlje. Zbog gravitacione privlačnosti, objekti na padinama ili duž korita reke prirodno imaju tendenciju da se kreću niz padinu. Gravitacija dovodi do toga da voda pada u obliku padavina na planinskim padinama, krećući se nizbrdo na svom putu nazad u okean. Dakle, procesi koje smatramo

opasnim rezultat su prirodnih sila kao što je unutrašnje zagrevanje Zemlje ili spoljašnja energija Sunca. Energija oslobođena prirodnim procesima veoma varira. Na primer, prosečan tornado troši oko 1 000 puta više energije od munje, dok je vulkanska erupcija planine Sveta Helena u maju 1980. godine potrošila približno milion puta više energije nego munja. Količina Sunčeve energije koju Zemlja prima svakog dana je oko 1000 milijardi puta veća od munje. Međutim, važno je imati na umu da grom može da udari u drvo, izazivajući ogromno oslobađanje energije u vidu šumskog požara, dok se Sunčeva energija širi po celom svetu. Događaji kao što su zemljotresi, vulkani, poplave i požari su prirodni procesi koji su se dešavali na površini Zemlje mnogo pre nego što su je naselili ljudi. Ovi prirodni procesi postaju opasni kada ljudska bića žive ili rade na njihovom putu delovanja. Na dugoj vremenskoj skali, Sunce i gravitacija pokreću agense erozije: glečere, potoke, podzemne vode, vetrove, okeanske talase i struje, koji erodiraju kontinente i akumuliraju sedimente u morima i okeanima. Sunčevo zračenje je primarni izvor energije, ali gravitacija je neposredna sila koja pokreće agense erozije.



Slika 2. Spoljašnja energija koju Zemlja dobija od Sunca i njen raspored u atmosferi dovode do pojave atmosferskih katastrofa. Na slici je moćni tornado u Oklahomi, SAD (Keller et al., 2019)

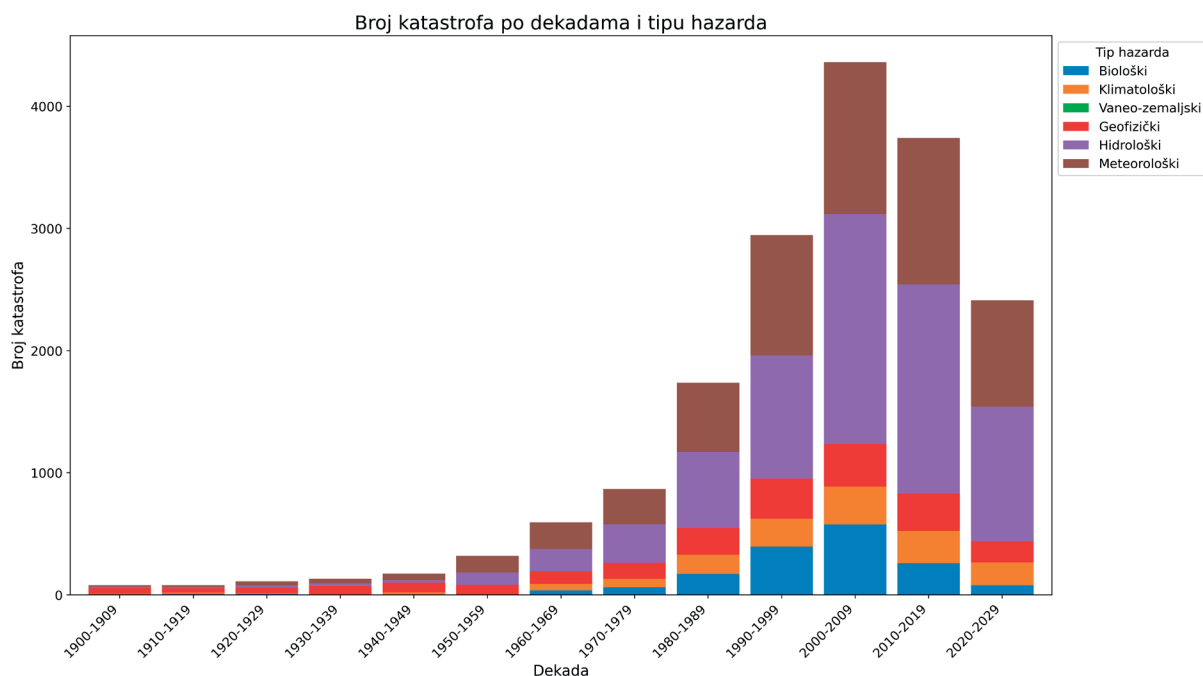
Unutrašnji i spoljašnji izvori toplote čine Zemlju dinamičkom, a ne statičkom planetom. Mnogobrojni spoljašnji i unutrašnji procesi jakog intenziteta izazivaju promene koje označavamo kao rizične – uragani, poplave, zemljotresi i tako dalje. Međutim, ljudi se bolje prilagođavaju promenama slabijeg intenziteta i u velikom broju slučajeva imaju koristi od njih. Na primer, izgrađeni su gradovi na obalama reka kako bi se voda koristila za transport, vodosnabdevanje, za industriju i uklanjanje otpada. Akumulacija sedimenata, a naročito peska duž obale stvara plaže za uživanje. Nataloženi materijal koji nastaje vulkanskim erupcijama dovodi do stvaranja plodnog poljoprivrednog zemljišta.

Distribucija prirodnih nepogoda je globalna, budući da se one javljaju u svim naseljenim oblastima sveta i mogu pogoditi bilo koju zemlju – bez obzira na stepen njenog ekonomskog ili društvenog razvoja ili vrstu poli-

tičkog sistema. Međutim, posledice delovanja elementarnih nepogoda i njihov obim direktno određuju pomenute karakteristike jednog društva. Posledice su najčešće obrnuto proporcionalne ekonomskom razvoju pogođene oblasti. Najviše nastradalih od prirodnih katastrofa ima u nerazvijenim zemljama ili zemljama u razvoju, koje su, uz nestabilnu političku i ekonomsku situaciju, dodatno opterećene ogromnom populacijom, niskim nivoom infrastrukturnih kapaciteta i obrazovanja, kao i svesti o prirodnim katastrofama, degradiranom životnom sredinom, itd. Stepem posledica prirodnih katastrofa je manji u razvijenim zemljama sa uspostavljenim sistemom upravljanja prirodnim katastrofama, koji uključuje skup aktivnosti preduzetih pre katastrofe sa ciljem prevencije i ublažavanja potencijalnih posledica, kao i aktivnosti koje se sprovode nakon katastrofe u cilju oporavka i prevazilaženja posledica.

Broj i učestalost prirodnih nepogoda

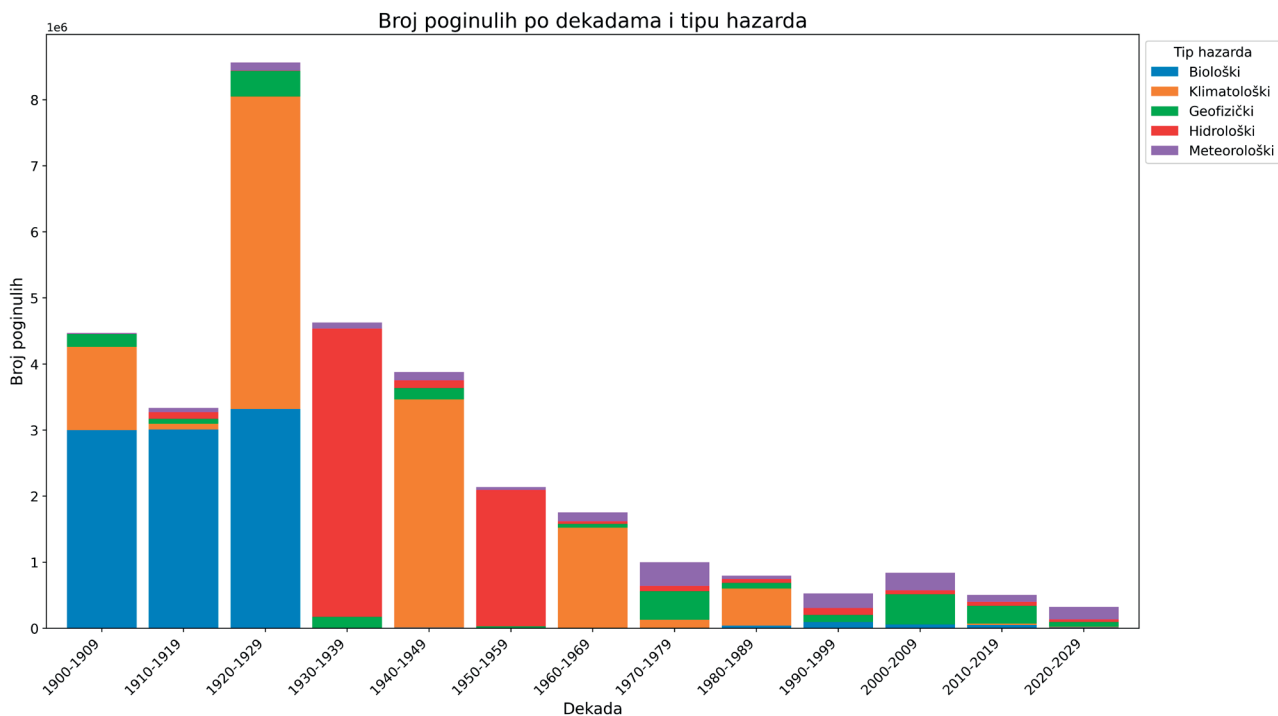
Broj i učestalost prirodnih nepogoda progresivno raste sa tehnološkim napretkom čovečanstva i njegovim uticajem na svet oko sebe. Poslednjih decenija nije evidentan samo trend povećanja broja prirodnih nepogoda, nego je prisutno i povećanje njihove destruktivnosti.



Slika 3. Broj katastrofa po dekadama i uzrocima (Izvor: kalkulacija autora na osnovu podataka EM-DAT)

U periodu od 1900. do 2020. godine najviše je bilo hidroloških, zatim meteoroloških, geofizičkih, bioloških i klimatoloških događaja (Slika 3). U njima je ukupno nastradalo preko 32 miliona ljudi, a pogođeno je skoro osam miliona. Tokom perioda 1900–2021, sa fokusom na desetogodišnje periode, najviše prirodnih katastrofa dogodilo se u periodu 2001–2010. godina (4 395), a najmanje od 1911. do 1920. godine (73). Od toga, najviše poginulih je bilo od 1901. do 1910. (12 764 966), a najmanje (973 794) u periodu od 1991. do 2000. godine

(Slika 4).



Slika 4. Broj poginulih po dekadama i vrsti prirodnih nepogoda (Izvor: kalkulacija autora na osnovu podataka EM-DAT)

Na osnovu prikupljenih i obrađenih podataka iz navedene baze o geoprostornom razmeštaju prirodnih nepogoda može se zaključiti da se najviše prirodnih nepogoda u periodu od 1900. do 2020. godine dogodilo u Aziji – 6 513 (40.29%), a najmanje u Okeaniji – 723 (4.5%). Dakle, po broju prirodnih nepogoda na prvom mestu je Azija (6 513), zatim Amerika (3 963), Afrika (2 951), Evropa (2 001) i na kraju Okeanija (723).

Neke od najsmrtonosnijih prirodnih nepogoda u zabeleženoj ljudskoj istoriji

Sa svakom katastrofom, naučnici se pitaju da li je ona bila „velika“ i da li će u budućnosti biti još većih. Da bi se odgovorilo na ova pitanja, da bi se analizirale i uporedile katastrofe, potreban je pristup koji omogućava kvantifikovanje varijacija između datih događaja. Dakle, u svakoj oblasti, naučnici su iznedrili šemu za klasifikaciju relativne veličine događaja, zasnovanu na nekoj merljivoj, neospornoj veličini. Maksimalna brzina vetra se koristi za klasifikaciju uragana, Safir-Simpsonova skala služi za merenje uragana, za tornada tu je Fudžita skala. Vulkani imaju indeks vulkanske eksplozivnosti (VEI), definisan prema tome koliko su materijala izbacili, na koju visinu i za koje vreme. To je skala od 0 do 8. Erupcija Vezuva 79. godine imala je vrednost 5, dok je erupcija vulkana Laki 1783. godine imala indeks 6. Poplave su jedina prirodna nepogoda klasifikovana prema verovatnoći da će se ponovo pojaviti. Stogodišnja poplava ima šanse 1 od 100, odnosno 1% da se dogodi u datoj godini. Za zemljotrese, seizmolozi su stvorili magnitudu koja predstavlja ukupnu energiju oslobođenu u događaju. Svaka skala predstavlja fizičko merenje, nešto što se može objasniti, kvantifikovati, svedeno na jednostavan broj koji se čini lakšim za

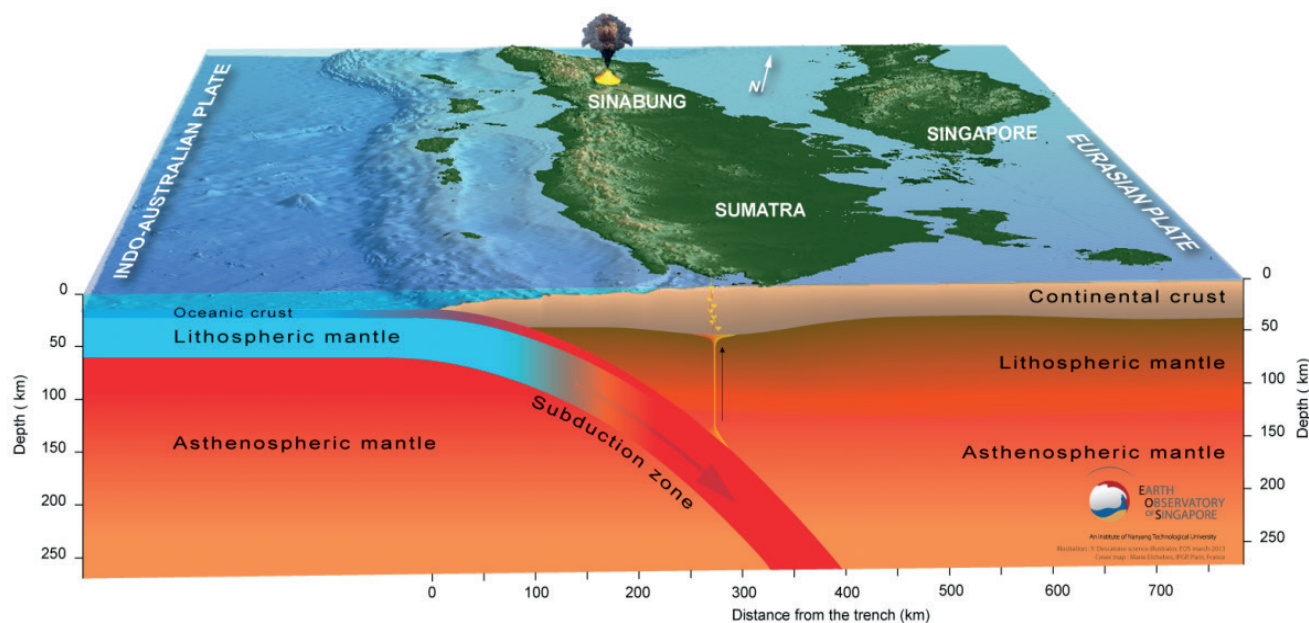
objašnjenje javnosti. Ali nijedan od njih ne odražava štetu koju su pretrpeli pojedinci. Uništenje je teško kvantifikovati, strah je nemoguće izmeriti. Naučnicima je mnogo ugodnije da žive u definisanom, fizičkom svetu koji se može izmeriti. Ipak, ta merenja nisu nepogrešiva, jer definišu samo ono što se dogodilo u fizičkom svetu.

Zemljotres magnitude 9.1 stepen po Rihterovoj skali i cunami koji su 26. decembra 2004. godine pogodili zapadnu obalu Sumatre, Indonezija, upravo su takav događaj. Posledice su bile bez presedana. Dužina raseda nastala u tom zemljotresu bila je preko 1450 kilometara – najduža ruptura ikada viđena. (Zemljotres koji je srušio San Francisco 1906. godine je, recimo, bio na rasedu dugom 442 km.) Bilo je potrebno punih devet minuta da se čelo raseda pomeri sa jednog kraja na drugi.

Zemljotres se dogodio u zoni subdukcije, nazvanoj *Sunda Arc*. Čisto fizički gledano, u zonama subdukcije nastaju najveći zemljotresi na svetu. Tektonske ploče mogu biti moćnosti i do 80 km. Najdublji delovi su toliko vrući da su stene rastopljene, sposobne da se deformišu, i više se razvlače nego što se lome. Na manjim dubinama – prvih 16 do 25 km – ivice ploča su nepomične. Ovde se

stena savija, i čuva sakupljenu elastičnu energiju. Kada se savlada trenje i jedna strana iznenada počne da klizi pored ili preko druge, nastaje zemljotres. Njegovu veličinu, dakle, prvenstveno određuju tri faktora: rastojanje klizanja, dužina raseda i dubina na kojoj se klizanje dešava.

Zemljotres u Francisku 1906. godine desio se na relativno maloj dubini od 13 km. Ali rased na kome se nalazio bio je skoro 450 km, a klizanje je bilo dovoljno značajno, tako da su zajedno stvorili zemljotres magnitude 7.8 stepeni Rihterove skale.



Slika 5. Zona subdukcije tektonskih ploča u Indijskom okeanu
(<https://earthobservatory.sg/resources/images/subduction-zone-under-sumatra-indonesia>)

Samo najveći zemljotresi u zoni subdukcije mogu proizvesti cunamije. Zemljotresi u zonama subdukcije nastaju kada je jedna ploča pritisnuta ispod druge (Slika 5). Ove ploče se uglavnom sastaju na plitkom uronu, samo pet do dvadeset stepeni. Stene koje se guraju ispod druge ploče su hladnije, jer su tek nedavno bile blizu površine. Niža temperatura znači više mogućnosti za trenje. Zemljotresi magnitude 8.0 stepeni mogu proizvesti cunami koji je razoran lokalno, ali neće istisnuti dovoljno vode da stvori talase koji mogu da pređu čitave okeanske basene. Međutim, ako je došlo do zemljotresa magnitude oko 8.5 ili većeg, naučnici su prilično sigurni da se dogodio u u zoni subdukcije i da će odmah uslediti cunami. Cunami predstavlja „voz talasa“, ili seriju talasa koji se formiraju u telu vode usled sile koja vertikalno pomeri vodeni stub. Za razliku od talasa koji nastaju delovanjem vetra, ovi talasi imaju velike periode ($T=1$ sat) i velike dužine talasa ($L=100$ km). Kako je odnos dubine vode i dužine talasa mali, cunami se ponašaju kao plitkovodni talasi čak i u dubokim okeanskim vodama. Što je veća dubina mora, brža je propagacija, kretanje cunamija. U slučaju Tihog okeana dubina iznosi oko 4 000 do 10 000 m, prema tome brzina se kreće od 200 do 950 km/h. Talasi gube svoju energiju kretanjem, a ona je inverzno proporcionalna dužini talasa. Prema tome, cunami ne

samo da se rasprostiru velikom brzinom nego mogu da pređu velike udaljenosti, transokeanske razdaljine, sa limitiranim gubitkom energije.

Zemljotres kod obale Sumatre imao je treću po veličini ikada zabeleženu magnitudu. Pokrenuo je vodeni stub, treći po zapremini od kada postoje merenja i pokrenuo najveći zabeleženi talas u Indijskom okeanu. Energija koja je tom prilikom oslobođena bila je hiljadu puta veća od najveće hidrogenske bombe koja je ikada detonirana.

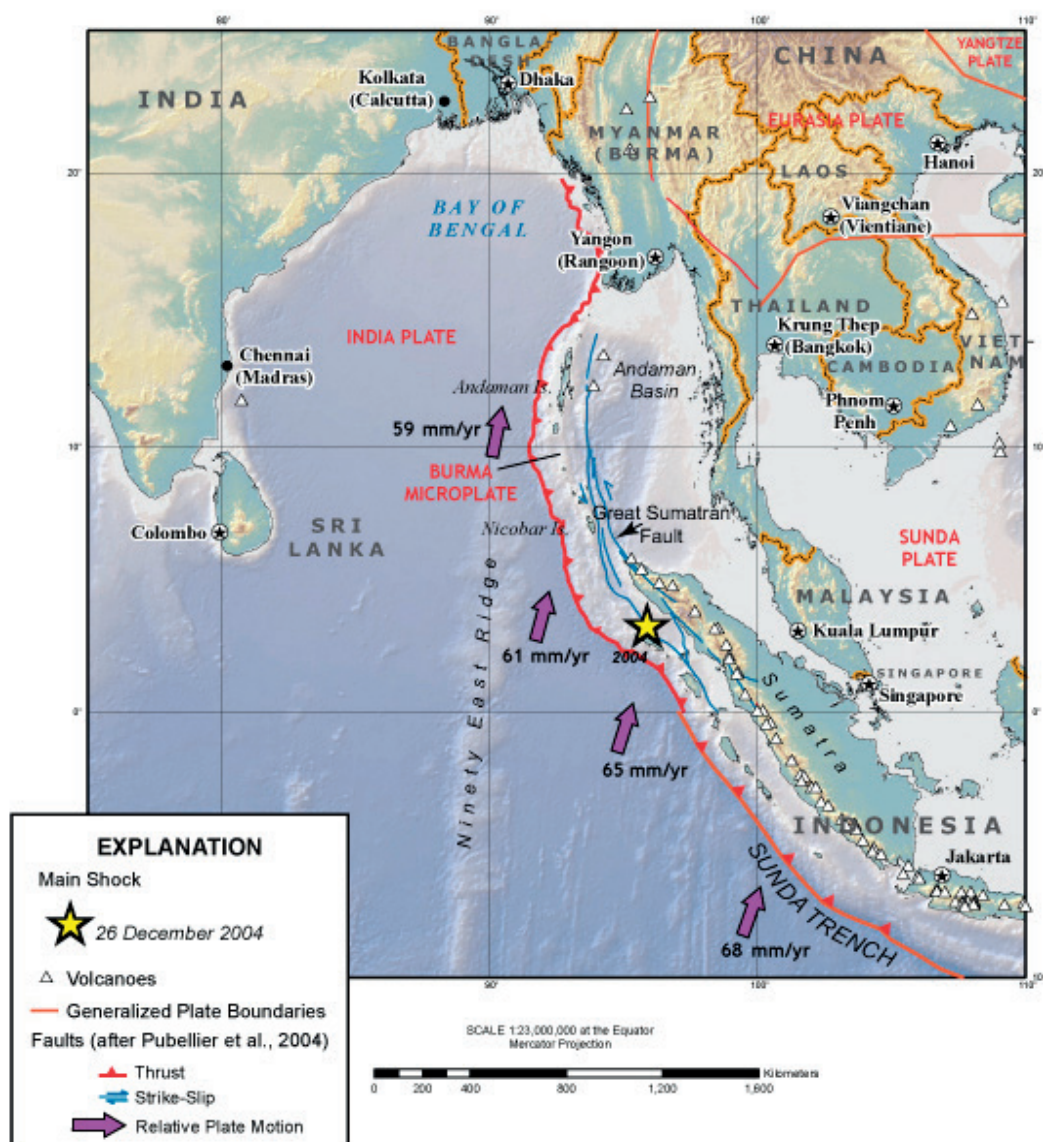
Zemljotres 2004. godine imao je magnitudu 9.1 stepeni i nije direktno uticao na živote mnogo ljudi kao što bi se u prvi mah pomislilo. Rased na kom je nastao zemljotres bio je ispod površine okeana i protezao se ispod slabo naseljenih ostrva. Zemljotres je počeo nešto pre 8 časova ujutru, dan posle Božića. Provincija Aće (Aceh) na severnom delu Sumatre, ležala je na samom južnom kraju raseda i zbog toga pretrpela ogromne štete (Slika 6). Mnogobrojne građevine u provinciji i njenom glavnom gradu Banda Aćeu (Banda Aceh) su potpuno uništene tokom potresa. Talasi cunamija su se pojavili odmah nakon prvobitnog udara, čak i dok su trajali naknadni, smirujući potresi. Uz zapadnu obalu provincije visina talasa je bila od 15 do 30 m. Broj ljudi koji su poginuli nije konačan i

nije u potpunosti tačan, jer mnoge ljude je struja odnela na pučinu i njihova tela nikada nisu pronađena. Poznato je da je ukupan broj poginulih u Indoneziji veći od 200 000, tri puta veći nego u drugim pogođenim zemljama.

Mala ostrva severno i zapadno od provincije Aće nalaze se iznad zone subdukcije i bila su pogođena snažnim zemljotresom a ubrzo zatim i talasima cunamija (Slika 6). Zbog konfiguracije morskog dna, neka ostrva su pretrpela znatno veće štete nego druga. Najsevernija ostrva su zapljusnuli talasi visine od 1.5 do 3 m, dok je ostrvo Katčal (Katchal) u grupi Nikobar (Nicobar) udario talas visine 10.7 m i ubio 90% stanovništva. Starosedelačka plemena na ostrvu ostala su bez plemenskog vođstva, načina života i kulture. Na drugom ostrvu – Simeulue,

zbog kolektivnog sećanja na cunami iz 1907, stanovništvo je potražilo utočište na višem terenu dok se potres nije potpuno umirio i mali broj stanovnika je poginuo.

Sledeća zemlja do koje je cunami stigao bila je Šri Lanka, 1600 km zapadno od raseda. Zemljotresi stvaraju talase različitih frekvencija, i kao kod zvuka, talasi nižih frekvencija putuju dalje od talasa sa višim frekvencijama. Tako će se u neposrednoj blizini epicentra osetiti kratkotrajni, jaki trzaji, a na udaljenim lokacijama kao sporodolazeći, što je prijavljeno na Šri Lanki. Cunamiju je trebalo 90 minuta da pređe Bengalski zaliv. Obavio je ovu ostrvsku zemlju talasima visine od 4 do 12 m. Budući da je veliki broj gradova na samoj obali ili blizu nje, drvene i nestabilne građevine talas je lako uništio i usmrtio više od 40 000 ljudi.



Slika 6. Položaj raseda i tektonskih ploča odgovornih za zemljotres i cunami 2004. godine (<https://www.usgs.gov/centers/pcmsc/science/tsunami-generation-2004-m91-sumatra-andaman-earthquake>)

Najsnažniji talasi cunamija su oni koji su upravni na rased. Budući da se rased kod ovog zemljotresa prostirao približno pravcem sever–jug, najviše je pogođen zapadni deo Šri Lanke i istočni deo Tajlanda. Zapadna obala Tajlanda je popularna turistička destinacija i u hotelima se u tom trenutku nalazio veliki broj turista. Kada su stigli do obale, dva sata nakon potresa, imali su nešto manju visinu od onih koji su udarili obalu Indonezije, dostižući visinu od 20 m.

Cunami je nastavio svoj pohod po Indijskom okeanu, odnoseći živote u Indiji, Maleziji, na Maldivima i u Mijanmaru. Stigao je do istočne obale Afrike i usmrtio

ljude u Jemenu, na Sejšelimu, u Južnoj Africi i Keniji. Talasi su se razlili iz Indijskog u Tihi okean i u Atlantik i nastavili svoje kretanje, koje su zabeležile opservatorije (National Oceanic and Atmospheric Administration) u narednih nekoliko dana.

Ukupno je bilo pogođeno trinaest zemalja, a zabeležena je i ogromna materijalna šteta u još dodatnih pet. Četrdeset sedam zemalja je prijavilo da su im državljani poginuli u ovoj katastrofi, mnogi od njih su bili turisti na odmoru na Tajlandu. Cunami iz Indijskog okeana je prema tome okarakterisan kao najgora globalna katastrofa.

Pojam i terminologija

Terminologija kao naučna disciplina razvila se zbog potrebe tumačenja reči koje različiti govornici mogu tumačiti na drugačije načine. Terminologija je lingvistička disciplina koja spada u oblast leksikologije i koja se bavi terminima i njihovom upotrebom. Terminologijom dotične struke naziva se skup svih posebnih (specifičnih) leksema, a rečnik u kome se navode i tumače takve reči – terminološki rečnik date struke. Termini su reči kojima je u određenom kontekstu dato određeno značenje.

U izučavanju prirodnih nepogoda koriste se termini koji imaju posebno značenje, jer zajednički jezik olakšava artikulaciju i sinergiju različitih disciplina koje se bave izučavanjem istog problema. Konstantna evolucija definicija prirodnih nepogoda može uzrokovati nedostatak konvergencije, posebno kada postoji potreba da se kvantifikuju i utvrde indeksi i indikatori. Pojedini autori su pokušali da definišu ili primene termine koji se odnose na katastrofe. U ovom udžbeniku se fokusiramo se na pojmove kao što su nepogoda, hazard – opasnost, fizička podložnost, ranjivost, izloženost, otpornost i adaptacija.

Pojam nepogoda (eng. Disaster) latinskog je porekla i predstavlja kombinaciju prefiksa „dis“ što znači loše i „aster“ što znači zvezda. Njeno značenje ima astrološki kontekst, ukazujući na to da nepogoda, nesreća, propast potiču od nepovoljnog položaja zvezda.

Izraz prirodne nepogode (eng. Natural Disasters) koristi da bi se označilo delovanje prirodnog procesa na društvo, odnosno lokalnu zajednicu. Takođe, ovaj termin ima značajnu upotrebu i u birokratskom jeziku, odnosno koristi se u različitim međunarodnim deklaracijama i dokumentima o prirodnim nepogodama (NRC, 2006).

Pojedini autori smatraju da je ovo pitanje veoma važno. Drugi, međutim imaju slobodnije shvatanje i koriste različite

termine, jer ih posmatraju kao sinonime. Neki autori ističu da izraze nepogoda, nesreća ili katastrofa ne treba pojedinačno definisati, jer imaju identično značenje. Posebno je izraženo neslaganje u naučnoj zajednici vezano je za poistovećivanje termina nepogoda i katastrofa. Katastrofa je termin koji treba da ukaže na veličinu nepogode, odnosno na obim ugroženosti i posledice prirodne nepogode.

U nauci postoji razlika između nepogoda i katastrofa, i naučnici su ukazali na neke očigledne karakteristike nepogode koja ima obim katastrofe:

- Izgrađeni objekti su većim delom ili gotovo u celini značajno oštećeni. Tu se misli na oštećenje bolnica, stambenih kuća, zgrada, pa se zbog toga ne mogu koristiti;
- Funkcionisanje zvaničnih institucija je obustavljeno, što se najčešće produžava i u periodu oporavka od katastrofe. Ovakva situacija nastaje jer su zaposleni u tim institucijama ujedno i ugrožena lica ili žrtve koje su pretrpele gubitke;
- Većina, ako ne i sve svakodnevne funkcije pogođene zajednice, naglo su i istovremeno prekinute. U slučaju katastrofe, većina ili gotovo sva preduzeća (radna mesta) su zatvorena, kao i obrazovne institucije, a infrastruktura je u velikoj meri oštećena, tako da nema stalnog napajanja strujom, vodom, telefonskim signalom i slično;
- Pomoć okolnih zajednica (susedni regioni, okolne države) izostaje, jer su i oni pogođeni katastrofom, koja ima veliki prostorni obuhvat.

U Srbiji, zapravo u srpskom jeziku, prema Rečniku srpskohrvatskog književnog i narodnog jezika (1996) značenje izraza „nepogoda“ ukazuje na „rđavo, loše vreme praćeno jakim vetrom i kišom, nevreme, oluju“, dok izraz

„elementarna nepogoda“ ima značenje „prirodne pojave odnosno opasnosti velikih razmera, koja ugrožava imovinu i živote, nastale kao posledica delovanja vatre, vode, zemljotresa, lavine i slično“. Reč katastrofa (potiče od grčke reči *catastrophē*) ukazuje na događaj sa teškim, kobnim posledicama, odnosno na veliku nesreću i tragediju.

U stručnim krugovima prihvaćene su definicije propisane važećom legislativom. Tako zakon o smanjenju rizika od katastrofa i upravljanju vanrednim situacijama (*“Sl. glasnik RS”, br. 87/2018*) definiše katastrofu kao elementarnu nepogodu ili tehničko-tehnološku nesreću čije posledice u većem obimu ugrožavaju bezbednost, život i zdravlje većeg broja ljudi, materijalna i kulturna dobra ili životnu sredinu. Njihov nastanak ili posledice nije moguće sprečiti ili otkloniti redovnim delovanjem nadležnih organa i službi. Prirodna nepogoda posmatra se kao elementarna nepogoda hidrološkog, meteorološkog, geološkog ili biološkog porekla, prouzrokovanu delovanjem prirodnih sila, kao što su zemljotres, poplava, bujica, oluja, jaka kiša, atmosferska pražnjenja, grad, suša, odronjavanja ili klizanja zemljišta, snežni nanosi i lavina, ekstremne temperature vazduha, nagomilavanja leda na vodotoku, pandemija, epidemija zaraznih bolesti, epidemija stočnih zaraznih bolesti i pojava štetočina i druge prirodne pojave većih razmera koje mogu da ugroze bezbednost, život i zdravlje većeg broja ljudi, materijalna i kulturna dobra ili životnu sredinu u većem obimu. Iako u srpskom jeziku, ali i u važećoj legislativi, postoji jasna distinkcija između ova dva termina – prirodne nepogode i katastrofe, u svakodnevnom, ali i u stručnom jeziku, u velikoj meri dominira termin „katastrofa“.

Istim Zakonom, vanredna situacija je stanje koje nastaje proglašenjem od nadležnog organa kada su rizici i pretnje ili nastale posledice po stanovništvo, životnu sredinu i materijalna i kulturna dobra takvog obima i intenziteta da njihov nastanak ili posledice nije moguće sprečiti ili otkloniti redovnim delovanjem nadležnih organa i službi. Radi njihovog ublažavanja i otklanjanja neophodno je upotrebiti posebne mere, snage i sredstva, uz pojačan režim rada.

Rizik predstavlja verovatnoću da se prirodna nepogoda određenog intenziteta dogodi, ali obuhvata i potencijalne negativne posledice. Reč „rizik“ ima dve karakteristične konotacije: u popularnoj upotrebi akcentat se obično stavlja na koncept slučajnosti ili mogućnost, kao u izrazu „rizik od nesreće“, dok je u tehničkim postavkama naglasak na posledicama, u smislu „potencijalnih gubitaka“ iz nekog određenog razloga. U delu o

smanjenju rizika od katastrofa i upravljanju vanrednim situacijama (*“Sl. glasnik RS”, br. 87/2018*) rizik je definisan kao nešto što označava kombinaciju verovatnoće da će se katastrofa desiti u određenom vremenskom razdoblju i sa određenim negativnim posledicama, a procena rizika predstavlja utvrđivanje prirode i stepena rizika od potencijalne opasnosti, stanja ugroženosti i posledica koje mogu da ugroze život i zdravlje ljudi, životnu sredinu i materijalna i kulturna dobra.

Hazard ili opasnost predstavlja opasan fenomen, ljudsku aktivnost ili stanje koje može izazvati gubitak života, povrede ili druge zdravstvene uticaje, imovinsku štetu, gubitak sredstava za život i usluge, društvene i ekonomske poremećaje, ili štetu po životnu sredinu. Hazard je prirodni proces i događaj koji predstavlja potencijalnu opasnost po život i imovinu ljudi. Radi se i procesu, jer sami događaji nisu opasnost nego to postaju zbog ljudske delatnosti i upotrebe resursa. U prethodno pomenutom zakonu opasnost je okarakterisana kao potencijalno štetan fizički događaj, fenomen ili ljudska aktivnost koja može prouzrokovati ugrožavanje života i zdravlja ljudi, oštećenje materijalnih i kulturnih dobara i životne sredine ili društvene i ekonomske poremećaje.

Prirodni hazardi podrazumevaju semantičku opasnost ili pretnju, jer predstavljaju procese koji mogu naštetiti pojedincu i društvu, kao i životnoj sredini. Različite pretnje dolaze iz različitih sfera te ih na taj način razlikujemo i delimo na prirodne, antropogene i njihovu kombinaciju. Geografija se najviše usmerila na prirodne hazarde, ali je važno reći da su to pretnje samo po čoveka. Da na Zemlji nema ljudi, prirodni hazardi bile bi samo prirodne pojave koje su obično korisne za okolinu.

Fizička podložnost znači „stanje podložnosti“ ili „lako pogođeno“. Zakon o smanjenju rizika od katastrofa i upravljanju vanrednim situacijama kaže da fizička podložnost predstavlja podložnost ljudi, životne sredine, materijalnih i kulturnih dobara potencijalnim gubicima. U pogledu prirodnih hazarda, osetljivost je povezana sa prostornim aspektima opasnosti. Odnosi se na sklonost područja ka efektima određenog opasnog procesa (npr. poplave, zemljotresi, cunami, itd.).

Ranjivost predstavlja karakteristike zajednice, sistema ili imovine koje ih čine podložnim štetnim efektima hazarda. Zakon definiše ranjivost kao karakteristike i okolnosti neke zajednice, sistema ili njene vrednosti, koje je čine osetljivom na posledice opasnosti. Postoji mnogo aspekata ranjivosti, koji potiču iz različitih fizič-

kih, društvenih, ekonomskih i faktora životne sredine. Primeri mogu uključivati loš dizajn i izgradnju zgrada, neadekvatnu zaštitu imovine, nedostatak informacija i svesti javnosti, ograničeno prepoznavanje rizika i mera pripravnosti, i zanemarivanje mudrog upravljanja životnom sredinom. Ranjivost se može posmatrati i kao stepen gubitka usled izloženosti opasnom događaju kao što je poplava ili oluja. Ranjivost može varirati. Na primer, osoba koja živi u kući sagrađenoj na klizištu i koja retko napušta kuću ranjivija je u odnosu na opasnost od klizišta nego ostali članovi porodice koji pohađaju školu ili odlaze svaki dan na posao u obližnjem gradu.

Otpornost je sposobnost ljudi, organizacija i sistema da se, koristeći raspoložive veštine i resurse, da

se suoče sa nepovoljnim uslovima, vanrednim situacijama ili katastrofama i upravljaju njima. Otpornost može uključivati infrastrukturu i fizička sredstva, institucije, društvene sposobnosti suočavanja, kao i ljudska znanja, veštine i kolektivne atribute kao što su društveni odnosi, vođstvo i upravljanje. Otpornost se takođe može opisati kao sposobnost. Procena otpornosti je termin za proces kojim se kapacitet grupe preispituje u odnosu na željene ciljeve, a praznine u kapacitetima se identifikuju za dalju akciju.

Adaptacija je prilagođavanje u prirodnim ili ljudskim sistemima kao odgovor na stvarne ili očekivane fizičko-geografske stimuluse ili njihove efekte sa ciljem ublažavanja šteta ili iskorišćavanja korisnih prilika.

Definicija prirodnih nepogoda

Tek nakon što se neki događaj odigra i ostavi trajne posledice po društvo i sredinu, nazivamo ga „prirodnom katastrofom“. Katastrofa se obično opisuje kao događaj koji ima veliki uticaj na društvo, i zato što je interesovanje pre svega ograničeno na prirodne opasnosti – hazarde, događaje koji izazivaju, dovode do katastrofa ili ih stvaraju. Ne postoje, međutim, tačno definisana granica koja odvaja hazard od katastrofe. Katastrofa se može slobodno definisati kao opasan događaj koji značajno remeti funkcionisanje društva. Može ili ne mora dovesti do smrti, ali obično ima teški ekonomski uticaj. Azijski centar za smanjenje katastrofa usvaja ovaj kvalitativni pristup, definišući katastrofe kao ozbiljan poremećaj funkcionisanja društva, koji uzrokuje široko rasprostranjene ljudske, materijalne ili ekološke gubitke koji premašuju sposobnost pogođenog društva da se izbori koristeći samo sopstvene resurse.

Tema prirodnih nepogoda je široka i veoma opsežna, te privlači stručnjake iz svih disciplina da shvate procese, kao i metode suočavanja sa razornim posledicama. S obzirom na intenziviranje ovih događaja u poslednjih nekoliko decenija, velike organizacije kao što su Svetska zdravstvena organizacija (SZO) i Ujedinjene nacije (UN) uložile su velike napore u istraživanja prirodnih katastrofa, kao i u podizanje svesti i obrazovanje stanovništva. Međunarodna strategija Ujedinjenih nacija za smanjenje katastrofa (UNISDR), doneta je 1999. godine sa zadatkom da predvodi i koordinira aktivnosti za smanjenje rizika od katastrofa.

Prirodne nepogode karakterišu se kao najveća pretnja čovečanstvu. U očima običnog čoveka, one imaju

reputaciju smrtonosnih pojava, jer mogu da prouzrokuju smrt velikog broja ljudi, i/ili da izazovu značajne materijalne gubitke. Prirodne nepogode i katastrofe se različito definišu, ne postoji jedna univerzalna definicija. Zajedničko im je to da predstavljaju rezultat korelacije između ekstremnih (neuobičajenih, retkih) prirodnih događaja i stanovništva koje je osetljivo na takve procese.

Nepostojanje jedinstvenog stava i definicije prirodnih nepogoda rezultiralo je formiranjem velikog broja operativnih definicija, koje su napravljene za potrebe normalnog funkcionisanja postojeće istraživačke prakse, kao i funkcionisanja društva u ovom pogledu. Na taj način, omogućeno je uspostavljanje zakonske legislative, donošenje političkih odluka vezanih za prirodne nepogode, utvrđivanje polisa kod osiguravajućih kuća i slično.

Definicija prirodne nepogode je veoma bitna jer shvatanje ovih pojava ukazuje i na to koju vrstu podataka moramo da prikupimo, zatim na način njihove analize i rangiranja, odabir pristupa za upravljanje prirodnim nepogodama i uspostavljanje propisa i njihovu implementaciju. Pojedini autori smatraju da definicija mora da sadrži teorijski okvir za rangiranje uticaja i potrebnih kapaciteta za prevazilaženje posledica i oporavak. Druzi pak tvrde da osnovno pitanje ne treba da bude šta je prirodna nepogoda, već šta je naša ranjivost i otpornost na prirodne hazarde, odnosno šta nas čini ranjivijim ili otpornijim u slučaju nepogode.

U naučnoj literaturi se sreću različite definicije prirodnih nepogoda. Mogu se podeliti u dve kategorije na osnovu sagledavanja problematike prirodnih nepogoda. U

prvoj grupi su definicije u kojima se naglašavaju prirodni procesi kao „okidači“ koji izazivaju nepogode, dok su u drugoj grupi one koje su fokusirane na odgovor, reakciju, traumu pojedinca/zajednice i ekonomske, zakonodavne i političke posledice.

Prvoj grupi pripada definicija koja kaže da su *prirodne nepogode iznenadni događaji izazvani prirodnim procesima većeg intenziteta koji prekidaju odvijanje redovnih životnih aktivnosti, mogu uzrokovati žrtve, kao i materijalne gubitke u meri koja prevazilazi sposobnost ugrožene zajednice da ih samostalno otkloni i prevaziđe*.

Drugoj kategoriji pripada definicija koju je postavio Oliver-Smith (1996) da je *prirodna nepogoda u svojoj osnovi društvena pojava (konstrukcija) čija se suština može pronaći u organizaciji društva, pre nego u prirodnom fenomenu destruktivnog uticaja*. Istoj kategoriji pripada i shvatanje da se prirodna nepogoda može sagledati kao prozor ka procesima koji se odvijaju unutar društva. Definicijama u obe grupe zajedničko je stanovište da su nepogode faze prestanka normalnog funkcionisanja društva, a oporavak predstavlja vraćanje u normalno stanje.

Autori monografije *What is a Disaster?* izabrali su da definišu katastrofu kao nešto što je u osnovi društvenog, sociološkog karaktera. Definicije predložene u monografiji uglavnom su prilično specifične za sociološku perspektivu katastrofa. Da li bi ih naučnici iz oblasti prirodnih nauka i inženjeri prihvatili? Možda bi i trebalo, kao što sugeriše sledeće poređenje. Klizište Šerman na Aljasci, nastalo nakon zemljotresa 1964. godine, pokrenulo je 29 miliona m³ stene. Masa je klizila brzinom od 180 km/h u nenaseljenu dolinu. Osim sa stanovišta lokalne flore i faune, događaj je bio puki geološki kuriozitet, otkriven slučajno tokom rutinskog snimanja iz vazduha. Nasuprot tome, klizište Aberfan u Južnom Velsu 1966. godine bilo je 193 puta manje i pomereno 25–30 puta sporije, ali je ubilo 144 osobe, od kojih su 116 bila deca. Ovaj primer potvrđuje da sa društvenog aspekta prirodne nepogode i katastrofe ne mogu biti jasno definisane.

Pomirenje dva stanovišta dovelo je do razvoja definicija prirodnih nepogoda kvantitativnog karaktera. Zamišljeno je da se postave granične vrednosti koje su bazirane na broju žrtava ili veličini materijalnih gubitaka. Iako se često ističe da ovaj pristup predstavlja preterano uprošćavanje problema, ova vrsta definicija se ukorenila i upotrebljava se i danas. Primena ovakve definicije direktno je vezana i za formiranje baza podataka o prirodnim nepogodama. Tako, da bi UN/ISDR ili CRED uvrstili neku

nepogodu u svoje baze podataka, potrebno je da budu ispunjeni određeni kriterijumi (bar jedan): 10 i više žrtava; najmanje 100 lica ugroženo nepogodom; proglašenje vanredne situacije od strane vlade; zahtev vlade za međunarodnu pomoć.

Prema definiciji UN (UNCHC, 1994), prirodna katastrofa je međusobni uticaj prirodnih opasnosti, izazvanih u većini slučajeva neočekivanim i iznenadnim prirodnim događajem, i uslova ugroženosti, koji prouzrokuje ozbiljne gubitke za čoveka i njegovu sredinu (prirodnu i izgrađenu). Navedeni gubici stvaraju patnje i kaos u normalnim okvirima života – društveno- ekonomskim, kulturnim, i ponekad političkim. Takve situacije zahtevaju pomoć od strane međunarodnih i nacionalnih institucija, kao doprinos samostalnom i zajedničkom odgovoru.

Katastrofe su uzrokovane kombinacijom sledećih faktora:

(a) Izloženost prirodnim pojavama koje mogu da pokrenu procese koji uzrokuju fizičku štetu, gubitak ljudskih života i imovine;

(b) Ranjivost ljudi i naselja. Katastrofa je uzrokovana konvergencijom ova dva elementa. Stoga je važno izučavati prirodne nepogode, ali je još važnije analizirati načine (strategije) koji mogu smanjiti ranjivost. Prirodne pojave sa potencijalom da izazovu destrukciju na datom području se nazivaju hazardi ili „opasnosti“. U ovom kontekstu, opasnost se definiše kao „preteći događaj ili verovatnoća pojave, potencijalno štetne pojave u datom vremenskom periodu i oblasti“.

Prirodna nepogoda se određuje ispunjavanjem kvantifikovanih uslova, dok je katastrofa masivna nepogoda koja zahteva znatna sredstva u pogledu novca i vremena kako bi se ljudi a i prostor potpuno oporavili. Uragan Katrina, koji je potopio Nju Orleans i oštetio veći deo obale Misisipija 2005. godine, predstavlja najskuplju, kao i katastrofu sa najvećim posledicama u istoriji SAD. Oporavak od ove katastrofe trajao je godinama a u nekim delovima Nju Orelansa još uvek traje.

Dva odvojena događaja – uragan praćen poplavama u Bangladešu 1970, i zemljotres u Kini 1976. odneli su po 300 000 života. Zemljotres u Pakistanu 2005. godine usmrtio je 80 000 ljudi, uništio hiljade građevina i izazvao ogromne štete. Ove katastrofe, zajedno sa zemljotresom na Haitiju 2010. godine, izazvane su prirodnim procesima i silama koje su na našoj planeti oduvek postojale. Uragani nastaju usled atmosferskih perturbacija, dok Zemljina unutrašnja toplota i energija pokreću tektonske

ploče, usled čega nastaju zemljotresi. Prelaz od prirodnog procesa do katastrofe u tesnoj je vezi sa gustinom naseljenosti oblasti u kojima se javljaju, kao i načinom upotrebe zemljišta.

Gljučna tačka u razumevanju toga zašto se katastrofe dešavaju je ta da ih ne izazivaju samo prirodne pojave. One mogu da budu proizvod i društvenog, političkog i ekonomskog okruženja (za razliku od prirodne sredine), zbog načina na koji ta okruženja uređuju život različitih grupa ljudi. Postoji opasnost od tretiranja katastrofa kao nečeg zasebnog, kao pojava koja imaju svoja sopstvena žarišta. Radi se o riziku od odvajanja 'prirodnih' katastrofa od društvenog okvira od kojeg zavisi kako opasnosti utiču na ljude, čime se stavlja prevelik naglasak na same prirodne opasnosti, a nedovoljan na društveni ambijent koji ih okružuje.

Pored prirodnih uslova koji pojačavaju rizik od novih hazarda, analiza prirodnih nepogoda i katastrofa u ekonomskom i društvenom kontekstu pokazala je da one najčešće nastaju zbog različitih društvenih, ekonomskih i institucionalnih normi kao što su siromaštvo, društvena nejednakost, nerazvijenost i ratno stanje. Ovo se potvrđuje kada se posledice katastrofa u ekonomskim i institucionalnim kontekstima sa značajnim društvenim i ekonomskim kapacitetima uporede sa onima koje se dešavaju u kontekstima koji nemaju adekvatne mehanizme zaštite i prevencije za sprečavanje, smanjenje ili kontrolu štete. Primer koji ilustruje ove razlike jeste efikasan sistem upozorenja na uragane duž obala Majamija, nasuprot teškim društvenim i ekonomskim posledicama koje ovi prirodni događaji donose u Centralnoj Americi, ponekad pogoršane društvenim sukobima.

Sve prirodne nepogode imaju zajedničke osobine. To je, pre svega, prostorna određenost, što znači da se pojavljuju na određenom mestu, a njihove posledice manifestuju se na manjoj ili većoj površini. Sledeća je vremenska određenost, a to znači da mogu da traju od nekoliko sekundi ili minuta do nekoliko dana ili meseci. Treća zajednička karakteristika je učestalost, jer se periodično mogu ponavljati, dok je poslednja – posledice koje one za sobom ostavljaju, a zavise od jačine, učestalosti i trajanja nepogode.

Ekonomski nerazvijene zemlje imaju najveći broj žrtava prirodnih nepogoda. Visok broj žrtava karakterističan je i za zemlje u razvoju, koje su, osim nestabilnog političkog i ekonomskog stanja, dodatno opterećene velikim brojem stanovnika, lošom infrastrukturnom opremljenošću, degradiranom životnom sredinom. Neadekvatan odnos prema prirodnim nepogodama koji karakterišu

nizak nivo pripremljenosti, slaba prevencija i nerazvijena svest o prirodnim hazardima i prirodnim nepogodama, doprinosi velikom broju žrtava.

Događaji navedeni u Tabeli 1 bili su veoma smrtonosni, sa dalekosežnim posledicama. Najočiglednija karakteristika predstavljenih događaja je da su gubici bili dovoljno veliki da su poremetili funkcionisanje zajednice i umanjili njenu sposobnost da se nosi sa posledicama. Ali kvantifikovati baznu tačku koja dovodi do takvih poremećaja – bilo da se radi o smrtnim slučajevima, ekonomskoj šteti ili drugim gubicima – izazovan je zadatak. Gubitak ljudskih života je obično glavni pokazatelj. Ovo može izgledati kao lako dostupni podaci, ali to nije situacija u zemljama kojima nedostaju detaljni podaci o stanovništvu. Teže je dobiti informacije o drugim posledicama po zdravlje ljudi, kao što su povrede, bolesti i gubitak krova nad glavom, čak i u državama sa visokorazvijenim sistemima upravljanja. U nedostatku standardizovanih metoda istraživanja i procene, prikupljanje informacija o imovinskoj šteti i manjim direktnim ekonomskim gubicima je takođe malo verovatno.

Mnogi katastrofalni događaji su složeni i dovode do problema u njihovoj klasifikaciji. Da bi se izbeglo dvostruko računanje, svaka kategorija gubitaka, kao što su smrti ili štete, treba da bude zabeležena samo jednom i dodeljena određenom uzroku, ali se javljaju praktični problemi. Na primer, kada zemljotres izazove klizište, da li smrt treba pripisati zemljotresu (okidač događaj) ili klizištu (direktan uzrok)? Da li će se evidentirati smrtni slučajevi koji su nastupili danima ili nedeljama kasnije od povreda zadobijenih u klizištu? Uopšteno govoreći, kada se beleže masovni smrtni slučajevi, početni okidač je taj koji se imenuje. To znači da su efekti „sekundarnih“ događaja, kao što su klizišta – potcenjeni. Za dugotrajne katastrofe, kao što je suša, mogu postojati sumnje u tačan datum događaja. Identifikovati precizne lokacije katastrofe takođe može biti teško, posebno za događaje (kao što su poplave i suše) koji prelaze administrativne granice.

Iako se štetni ekstremni događaji mogu klasifikovati prema prirodnim i tehnološkim uzrocima, oni moraju prekoračiti određene pragove uticaja na ljude pre nego što se evidentiraju kao katastrofe. Jedna od posledica ovog pristupa je nedovoljno izveštavanje o katastrofama manjih razmera. Ovo je najčešće slučaj u manje razvijenim zemljama, koje nemaju pouzdane, ažurirane demografske i socioekonomske statističke podatke neophodne za evidentiranje gubitaka.

Uprkos ovim ograničenjima, podaci o broju smrtnih slučajeva u katastrofama su često tačniji od drugih

informacija o gubicima, uključujući one koje se odnose na finansijske. *Munich Re* (2005) utvrdio je da je procenat prirodnih katastrofa sa potpunim i preciznim ekonomskim gubicima u periodu od 1980. do 1990. godine iznosio oko 10. Do 2005, ta brojka je porasla na oko 30 procenata, ali nagoveštava se da i dalje za oko dve trećine prirodnih katastrofa ne postoje tačne informacije o ekonomskim gubicima. Problem nastaje zbog nedoslednosti u prikupljanju podataka, posebno za indirektnе ekonomske gubitke. Na primer, ako poplava ošteti most i farmeri ne mogu da transportuju svoju robu do lokalnog tržišta, da li gubitak u prodaji proizvoda treba uključiti u kalkulaciju? Ovo je poželjno, ali podaci su retko dostupni.

Zemljotres i cunami u Japanu 2011, zemljotres na Haitiju 2010, ciklonske poplave u Mijanmaru i zemljotres u Kini 2008. godine zajedno su usmrtili skoro pola miliona ljudi. Ovo su primeri velikih prirodnih katastrofa: ti događaji toliko su uticali na prostor i ljude da je neophodna bila međunarodna pomoć za spašavanje i brigu o ljudima,

otklanjanje posledica razaranja i započinjanja procesa rekonstrukcije. Velike prirodne katastrofe ubijaju hiljade ljudi, ostavljaju stotine hiljada bez krova nad glavom, i umnogome utiču na privredni razvoj regiona i država. Danas u trusnim područjima sveta nekoliko stotina miliona ljudi živi u zgradama koje će se srušiti prilikom jakog zemljotresa. Zemljotres koji bi ubio više od 100 000 ljudi mogao bi se dogoditi svakog dana u Teheranu – u Iranu, ili u turskom Istanbulu ili u drugim velikim gradovima. Danas milioni ljudi žive na obalama okeana, gde mogu biti pogođeni cunamijem, uraganima i poplavama. Naučna zajednica mora da odgovori na pitanje kako izgraditi zajednice otporne na katastrofe da bi se smanjili broj ljudskih žrtava i razmere ekonomskih gubitaka.

Da li postoji korelacija između gustine naseljenosti i broja poginulih u prirodnim katastrofama? Podaci u Tabeli 1 pružaju jasan uvid – najgušće naseljeni delovi Azije beleže i najveći broj poginulih u prirodnim katastrofama.

Tabela 1. 40 najsmrtonosnijih katastrofa u periodu 1970–2017.

Broj stradalih	Datum	Katastrofa	Zemlja
300 000	14. novembar 1970.	Uragan (Bhola)	Bangladeš
255 000	28. jul 1976.	Zemljotres (Tangšan)	Kina
245 000	26. decembar 2004.	Zemljotres i cunami	Indonezija, Šri Lanka, Tajland
230 000	12. januar 2010.	Zemljotres	Haiti
140 000	2. maj 2008.	Uragan Nargis	Mijanmar
140 000	29. april 1991.	Uragan Gorky	Bangladeš
88 000	8. oktobar 2005.	Zemljotres	Pakistan
87 500	12. maj 2008.	Zemljotres	Kina
66 000	31. maj 1970.	Zemljotres i klizišta	Peru
55 630	15. jun 2010.	Toplotni talas i požari	Rusija
50 000	21. jun 1990.	Zemljotres	Iran
35 000	Avgust 2003.	Toplotni talas	Evropa
27 000	26. Decembar 2003.	Zemljotres	Iran
25 000	7. decembar 1988.	Zemljotres	Jermenija
25 000	16. septembar 1978.	Zemljotres	Iran
23 000	13. novembar 1985.	Vulkanska erupcija i bujični tokovi	Kolumbija
22 000	4. februar 1976.	Zemljotres	Gvatemala

20 103	26. januar 2001.	Zemljotres	Indija
19 184	11. mart 2011.	Zemljotres i cunami	Japan
19 118	17. avgust 1999.	Zemljotres	Turska
18 000	15 decembar 1999.	Poplave i bujice	Venecuela
15 000	19. septembar 1985.	Zemljotres	Meksiko
15 000	1. septembar 1978.	Poplave usled monsunsih kiša	Indija
15 000	29. oktobar 1999.	Uragan Orissa	Indija
11 000	22. oktobar 1998.	Uragan Mitch	Honduras
11 000	25. maj 1985.	Uragan	Bangladeš
10 800	31. oktobar 1971.	Uragan	Indija
10 000	20. novembar 1977.	Uragan	Indija
9 500	30 septembar 1993.	Zemljotres	Indija
8 960	25. april 2015.	Zemljotres	Nepal
8 135	8. novembar 2013.	Uragan	Filipini
8 000	16. avgust 1976.	Zemljotres	Filipini
6 425	17. januar 1995.	Zemljotres	Japan
6 304	5. novembar 1991.	Uragan Thelma	Filipini
6 000	Jun 1976	Toplotni talas	Francuska
5 778	21. maj 2006	Zemljotres	Indonezija
5 748	14. jun 2013	Poplave	Indija
5 422	30. jun 1976	Zemljotres	Indonezija
5 374	10. april 1972	Zemljotres	Iran
5 300	28. decembar 1974	Zemljotres	Pakistan
UKUPNO			
2 059 281			

Podaci iz Azije nude otrežnjujuće viđenje o tome šta čeka stanovništvo u budućnosti ukoliko nastavimo sa nekontrolisanim korišćenjem resursa i ubrzanim rastom broja stanovnika. Kako se povećava broj ljudi na planeti, očekuje se da će broj poginulih u prirodnim katastrofama takođe da raste. Međutim, ovaj odnos je zaista kompleksan. Analiza koju su sprovedi istraživači sa Prinstona pokazala je da je između 1964. i 1968. broj poginulih u prirodnim katastrofama bio 1 na 10 000 ljudi. U periodu između 2000. i 2004. godine, iako se broj stanovnika udvostručio, stopa smrtnosti u prirodnim katastrofama opala je na 1 na svakih 100.000. Ali, velike katastrofe za posledicu imaju i ogroman broj smrtnih

slučajeva u nekim zemljama. Istraživači su pokušali da shvate koji to činioci, pored broja stanovnika, utiču na veliku smrtnost u katastrofama. Poredili su nivo demokratije i ekonomskog razvoja u 133 zemlje čija je populacija veća od milion stanovnika i koje su doživele pet ili više prirodnih katastrofa u periodu 1964–2004. Demokratiju su ocenjivali upotrebom indeksa demokratije koji je razvila Svetska banka, a ekonomski razvoj visinom bruto domaćeg proizvoda (BDP). Istraživači sa Prinstona su otkrili da se 80% smrtnih ishoda usled katastrofa dogodio u 15 zemalja, uključujući Kinu, Indiju i Bangladeš. Od ukupno 15 zemalja, 87% je imalo veoma nizak indeks demokratije, a 73% veoma nizak BDP. Iz-

zetak od ovog pravila su dve zemlje sa veoma visokim BDP-om – Iran i Venecuela. Ove dve zemlje su veoma bogate naftom i tako imaju visok BDP, ali veoma nizak indeks demokratije. Ovi izuzeci upućuju na zaključak da nivo demokratije igra značajniju ulogu u pogubnom ishodu prirodnih katastrofa. U paragrafu koji podstiče na

razmišljanje, istraživači iznose da se smrti od prirodnih katastrofa više ne mogu gledati kao slučajno delovanje prirode. Oni su direktna i neizbežna posledica korišćenja zemljišta i neuspeh vlade da se prilagodi ili odgovori na takve poznate rizike.

Magnituda, frekvencija i period ponovnog javljanja prirodnih nepogoda

Naša planeta je dinamična, i odlikuje se snažnim proticajima energije. Svaki dan, na Zemlji se događaju zemljotresi, vulkanske erupcije, klizišta, oluje, poplave, požari, udari meteorita i izumiranja. Ovi događaji su uobičajeni, ali njihove magnitude značajno variraju u prostoru i vremenu. Prirodne nepogode i katastrofe nisu ravnomerno raspoređene na Zemlji. Neka područja doživljavaju veoma snažne zemljotrese i neke oblasti su pogođene snažnim uraganima; neke oblasti su pogođene i jednom i drugom nepogodom, dok postoje oblasti u kojima se ove pojave ne javljaju. U periodu od nekoliko godina ili čak nekoliko decenija, neko područje možda neće doživeti prirodne katastrofe. Ali nakon određenog vremena, oslobađanjem ogromne energije, snažna ne-

pogoda pogodiće dato područje. Naučnike zabrinjavaju koncentrisani impulsi energije, jer su oni uzrok prirodnih katastrofa. Postavlja se, međutim, i pitanje koliko su česti i veliki ti impulsi. Generalno posmatrano, postoji obrnuta korelacija između frekvencije i veličine procesa. Česte pojave su male veličine, i oslobađaju malo energije u svakom događaju. Kako se magnituda događaja povećava, njegova učestalost se smanjuje. Drugi način razumevanja toga koliko često se katastrofe događaju jeste određivanje perioda ili intervala ponavljanja izuzetno velikog, katastrofalnog događaja. Interval ponavljanja odgovara broju godina između događaja iste veličine. Uopšteno govoreći, interval ponavljanja je duži kod izuzetno velikih katastrofa.

Uticaj prirodnih nepogoda i katastrofa

Uticaji koji prirodne nepogode i katastrofe mogu imati su brojni. Izveštaji o katastrofama ne uključuju druge impakte osim direktnih i opipljivih efekata. Direktni efekti su posledice prvog reda koje se javljaju neposredno nakon nekog događaja, kao što su smrtni slučajevi i ekonomski gubici uzrokovani rušenjem zgrada u zemljotresu. Indirektni efekti se pojavljuju kasnije i teže se mogu pripisati događaju. Oni uključuju faktore kao što su mentalne bolesti koje su rezultat šoka, žalosti ili preseljenja iz tog područja. Opipljivi efekti su oni za koje je moguće definisati novčane vrednosti, kao što je zamena oštećene imovine. Nematerijalni efekti, iako stvarni, ne mogu se pravilno proceniti u novčanom smislu. Na primer, mnoga važna arheološka nalazišta u Italiji su u opasnosti od klizišta, poplava i erozije zemljišta.

Direktni gubici su najvidljivija posledica katastrofa, usled neposredne štete, kao što je urušavanje zgrada. Njih je relativno lako izmeriti, iako metodologije nisu standardizovane. Na primer, procene gubitaka za potrebe osiguranja su verovatno tačnije od nekih teren-

skih istraživanja. Direktni gubici nisu uvek najznačajniji ishod katastrofe.

Prirodne opasnosti su bile u interakciji sa ljudskim naseljima od zore civilizacije. Izveštaji o tome sačuvani su u drevnim verskim tekstovima, istorijskim izveštajima, a i lokalni folklor širom sveta svedoči o tome. Razumno je pretpostaviti da se broj prijavljenih prirodnih katastrofa, kao i njihov uticaj na ljudske živote i imovinu, istorijski povećavao tokom vremena – kako je rasla ljudska populacija, kao i naseljavanje opasnih područja. Procenjuje se da je oko 85% svetske populacije pogođeno najmanje jednom prirodnom katastrofom u poslednjih 30 godina. Ekonomski uticaj prirodnih katastrofa se procenjuje na oko 100–200 milijardi dolara godišnje širom sveta od 1990-ih. Sumorna stvarnost vezana za ekonomski razvoj zemalja obilato se ogleda u činjenici da je 90% poginulih upravo u zemljama u razvoju, dok 90% ekonomskih gubitaka snose razvijene nacije.

Nadalje su predstavljeni gubici, direktni i indirektni, usled prirodnih nepogoda od 1900. godine i to samo

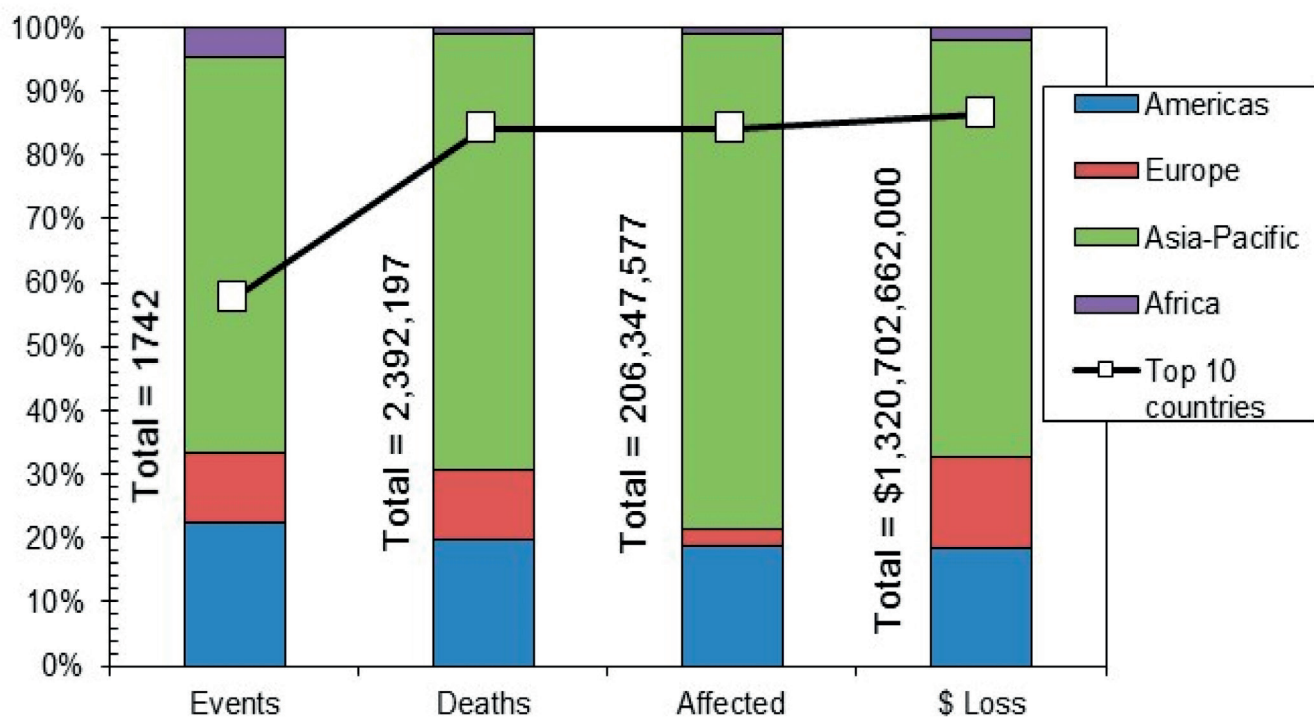
za tri tipa prirodnih hazarda, odnosno geofizičkih, hidroloških i klimatoloških. Podaci korišćeni za sastavljanje predstavljenih informacija dobijeni su sa sajta EM-DAT, baze koju održava Centar za istraživanje Epidemiologija i katastrofa (CRED) na Katoličkom univerzitetu u Luvenu,

Belgija. Ukupne procenjene štete i direktni ili indirektni ekonomski gubici u EM-DAT su predstavljeni u američkim dolarima. Poznavanje žarišta globalnih katastrofa koje su rezultat različitih prirodnih opasnosti – prvi je korak u ublažavanju uticaja ovih katastrofa.

Uticaj i posledice geofizičkih katastrofa

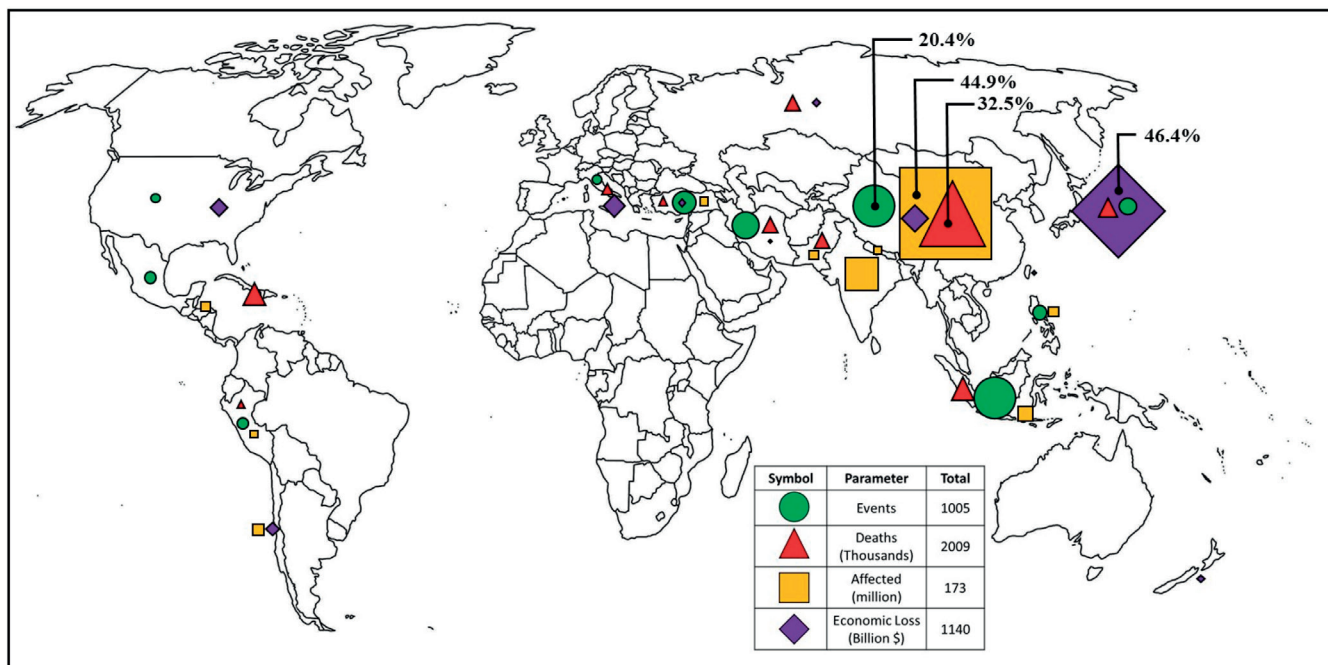
Geofizičke katastrofe su posledica zemljotresa, kretanja masa ili vulkanske aktivnosti. Slika 7 prikazuje distribuciju takvih događaja, broj poginulih i pogođenih osoba, kao i ekonomske gubitke u različitim delovima sveta od 1900. do 2020. Treba napomenuti da je više od 99% smrtnih slučajeva, štetnih efekata i ekonomskih gubitaka uzrokovano zemljotresima, dok je udeo pokretanja mase (klizišta i odroni), kao i vulkanske aktivnosti, mali. Živote je izgubilo preko 2.4 miliona ljudi, a više od

206 miliona ljudi je povređeno ili je ostalo bez krova nad glavom i bez posla u ovim katastrofama. Ekonomski danak ovih događaja za navedeni period procenjuje se na više od 1 300 milijardi dolara. Treba napomenuti da je azijsko-pacifički region značajno pogođen ovim katastrofama, jer je više od 50% prijavljenih u sve četiri kategorije bilo upravo u ovom regionu, što se može pripisati geomorfološkim, geofizičkim uslovima, kao i velikom broju stanovnika ovog regiona.



Slika 7. Distribucija geofizičkih katastrofa, broj poginulih, pogođenih osoba, kao i ekonomski gubici u različitim delovima sveta od 1900. do 2020. (Chaudhary and Piracha, 2021)

Od 1900. godine, oko 100 velikih zemljotresa je rezultiralo sa više od 93% od ukupnog broja poginulih i više od 95% ukupnog ekonomskog gubitka u Aziji. Distribucija broja geofizičkih katastrofa, smrtnih slučajeva, broja pogođenih osoba i ekonomskih gubitaka u svakoj kategoriji za period 1900–2020. prikazana je na mapi sveta na Slici 8 i navedena u Tabeli 2. Te zemlje spadaju u prvih 10 po ozbiljnosti direktnih i indirektnih gubitaka. Iako je broj događaja manje-više ravnomerno raspoređen među prvih pet zemalja, smrtni slučajevi i broj ljudi pogođenih katastrofom su nesrazmerno veći u Kini (32.5% i 44.9%), dok je Japan snosio najveći teret ekonomskog gubitka (46.4%). Italija je jedina evropska država koja je među prvih 10 zemalja u ove tri kategorije, dok nijedna država sa afričkog kontinenta nije među 10 zemalja. Haiti je na vrhu liste smrtnih slučajeva u Americi, dok je Peru jedina zemlja Južne Amerike u sve tri kategorije nepogoda.



Slika 8. Globalne „vruće tačke“ geofizičkih nepogoda u 10 zemalja koje prednjače u broju katastrofa (Chaudhary and Piracha, 2021)

Tabela 2. Raspored događaja, smrtnih slučajeva, broja ljudi na koje je događaj uticao, kao i ekonomski gubici u 10 zemalja sa najviše geofizičkih nepogoda (Chaudhary and Piracha, 2021)

Zemlja	Događaji (%)	Zemlja	Smrtni slučajevi (%)	Zemlja	Pogođeno stanovništvo (%)	Zemlja	Ekonomski gubici (USD)
Kina	20.40	Kina	32.50	Kina	44.96	Japan	46.37
Indonezija	19.40	Haiti	11.08	Indija	16.49	Kina	13.31
Iran	13.03	Indonezija	10.79	Indonezija	6.96	Italija	10.91
Turska	11.04	Japan	9.39	Čile	5.78	SAD	8.88
Japan	8.46	Iran	7.68	Filipini	5.34	Čile	6.54
Filipini	7.16	Rusija	7.28	Gvatemala	4.73	Turska	3.47
Peru	5.77	Pakistan	7.18	Pakistan	4.29	Rusija	3.42
Meksiko	5.17	Italija	5.79	Turska	4.14	Novi Zeland	2.91
Italija	4.88	Turska	4.69	Nepal	3.68	Iran	2.12
USA	4.68	Peru	3.62	Peru	3.65	Tajvan	2.08

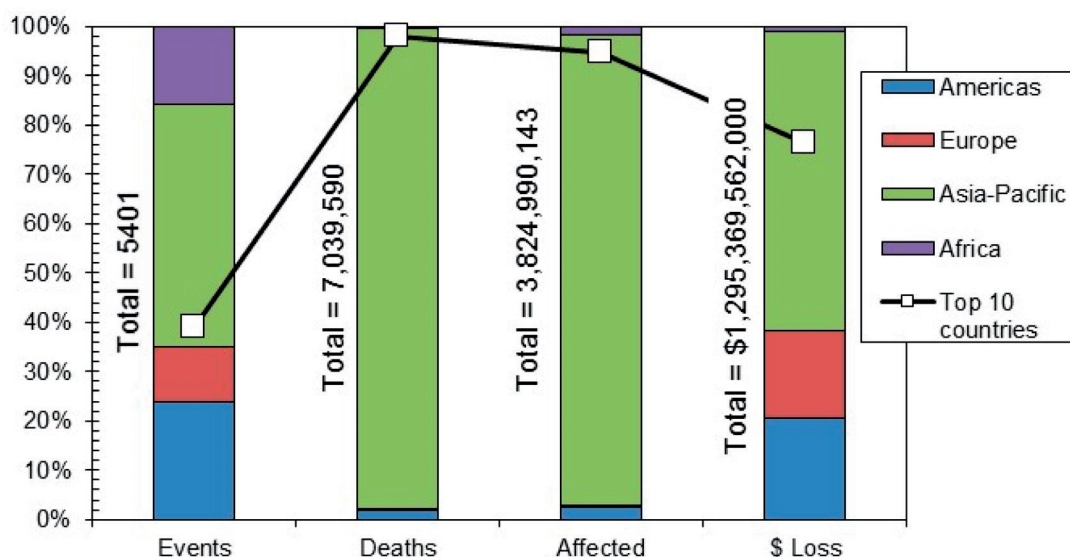
Uticaj i posledice hidroloških katastrofa

Hidrološke katastrofe su uzrokovane poplavama, klizištima i dejstvom talasa. Poplave na rekama najdominantniji su uzrok ovakvih katastrofa. Raspodela ovih događaja u različitim regionima sveta od 1900. do 2020. godine, broj poginulih, pogođenih, kao i ekonomski gubici su prikazani na Slici 8. Više od 7 miliona ljudi izgubilo je svoje živote u ovim događajima, a više od 3.8 milijardi ljudi je povređeno ili raseljeno. Ekonomski

danak ovih događaja za pomenuti period se procenjuje na približno 1300 milijardi dolara. Kina je bila najteže pogođena, izgubila je više od 6.6 miliona ljudi poplavama koje su takođe pogodile više od dve milijarde Kineza. Ekonomski gubici u Kini su takođe bili najveći, sa više od 413 milijardi dolara. Na slici 9 može se primetiti da azijsko-pacifički region je bio najviše pogođen ovim katastrofama, jer više od 50% događaja se ovde dogodilo

što je izazvalo više od 95% smrtnih slučajeva globalno, kao i više od 60% ukupnih globalnih ekonomskih gubitaka. Društveni uticaj od ove katastrofe, u smislu

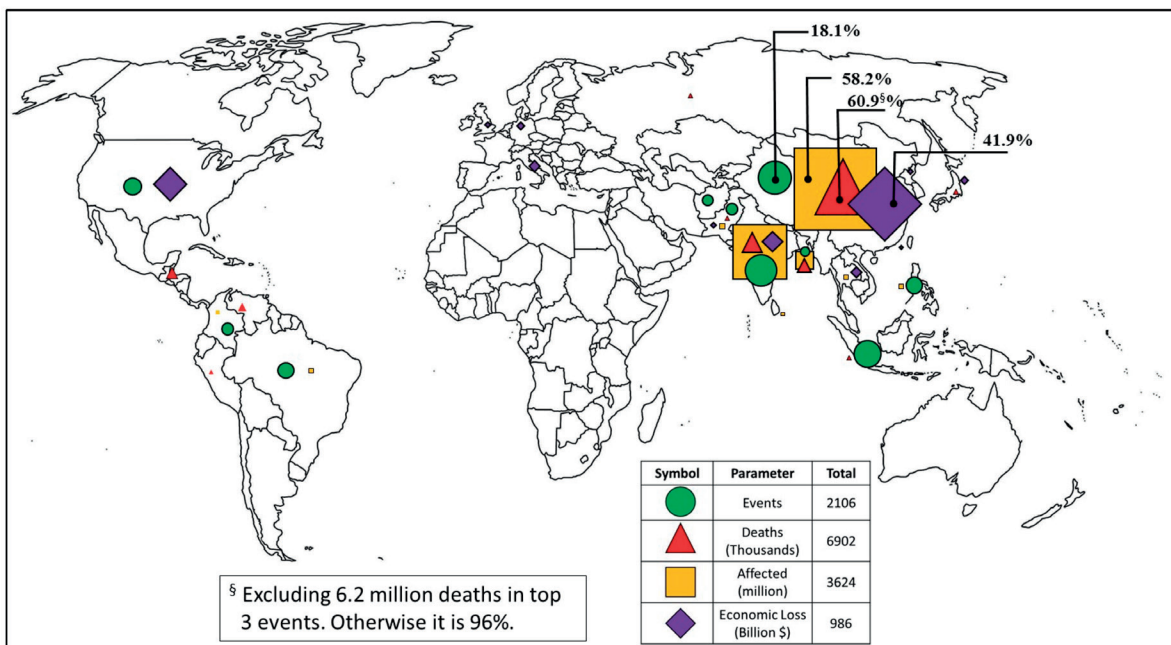
smrtnih slučajeva i pogođenih ljudi, u Americi i Evropi je veoma mali, dok su ekonomski gubici bili blizu 40% od globalnih.



Slika 9. Distribucija hidroloških katastrofa, broj poginulih, pogođenih osoba kao i ekonomski gubici u različitim delovima sveta od 1900–2020 (Chaudhary and Piracha, 2021)

Distribucija broja hidroloških katastrofa, broj poginulih kao i pogođenih osoba sa ekonomskim gubitak za prvih 10 zemalja u svakoj kategoriji za period 1900–2020 prikazani su na mapi sveta na slici 9, dok je procentualna raspodela je naveden u tabeli 3. Iako je broj događaja ravnomerno raspoređen među prvih pet zemalja, smrtni slučajevi, broj pogođenih i ekonomski gubici su nesrazмерно veliki, najveći u Kini (96.02%, 58.22% i 41.93%).

Kina je izgubila više od 6.2 miliona ljudi u samo tri događaja. Slika 10 otkriva da su Kina i indijski potkontinent žarišta ovih katastrofa koja doživljavaju najveće društvene i ekonomske gubitke. Italija, Nemačka i Velika Britanija su evropske zemlje koje su među prvih 10 zemalja u ekonomskim gubicima. Nijedna zemlja sa afričkog kontinenta nije među prvih 10 zemalja. SAD su na vrhu liste ekonomskih gubitaka u Americi.



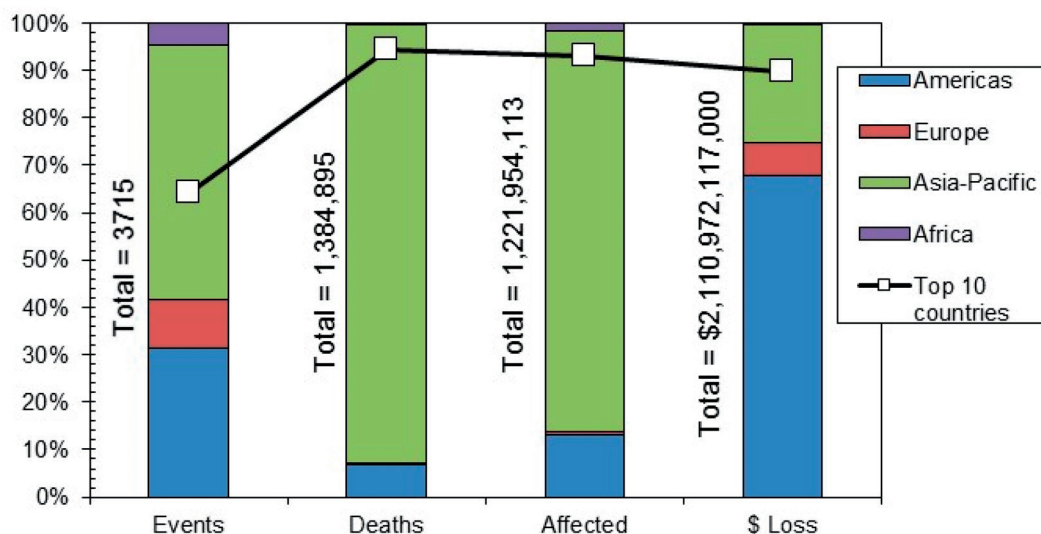
Slika 10. Globalne vruće tačke hidroloških nepogoda u 10 zemalja koje prednjače u broju katastrofa (Chaudhary and Piracha, 2021)

Tabela 3. Raspored događaja, smrtnih slučajeva, broja ljudi na koje je događaj uticao kao i ekonomski gubici u 10 zemalja sa najviše hidroloških nepogoda (Chaudhary and Piracha, 2021)

Zemlja	Događaji (%)	Zemlja	Smrtni slučajevi (%)	Zemlja	Pogođeno stanovništvo (%)	Zemlja	Ekonomski gubici (USD)
Kina	18.14	Kina	96.02	Kina	58.22	Kina	41.93
Indija	17.05	Indija	1.17	Indija	24.83	SAD	17.97
Indonezija	14.58	Bangladeš	0.77	Bangladeš	9.53	Indija	11.44
SAD	9.54	Gvatemala	0.60	Pakistan	2.23	Italija	6.05
Filipini	8.78	Venecuela	0.44	Tajland	1.69	Tajland	5.77
Brazil	8.50	Pakistan	0.27	Filipini	0.94	Nemačka	3.90
Kolumbija	6.46	Japan	0.21	Vijetnam	0.92	Japan	3.88
Pakistan	6.17	Rusija	0.20	Brazil	0.69	Pakistan	3.16
Avganistan	5.94	Peru	0.16	Šri Lanka	0.47	Severna Korea	2.97
Bangladeš	4.84	Indonezija	0.15	Kolumbija	0.46	UK	2.92

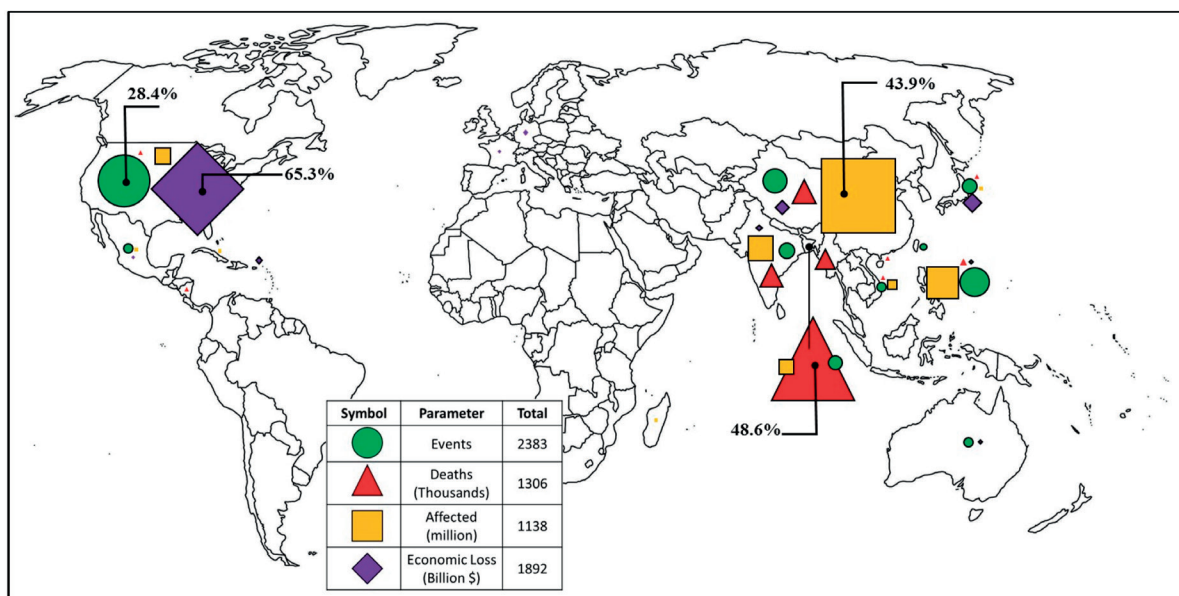
Uticaj i posledice meteoroloških katastrofa

Katastrofe izazvane meteorološkim hazardom mogu biti posledica konvektivnih oluja, ekstrasropskih oluja, tropskih oluja, ekstremnih temperatura i magle. Slika 11 predstavlja raspodelu olujnih događaja u različitim regionima sveta za period od 1900. do 2020. godine i uzima u obzir smrtne slučajeve, broj ugroženih osoba i povezanih ekonomskih gubitaka. Opet, više od 50% događaja i više od 90% društvenih troškova bile su u azijsko-pacifičkom regionu. Veoma veliki deo ekonomskog gubitka pretrpeo je i američki kontinent, pri čemu su SAD imale najveći udeo. Slično geofizičkim i hidrološkim katastrofama, prvih 10 zemalja u kojima su se javile ove nepogode, čine više od 90% od ukupnih ljudskih i ekonomskih gubitaka. Udeo afričkog i evropskog kontinenta u društvenim gubicima bio je relativno mali. Međutim, Evropa je pretrpela ekonomsku štetu proporcionalnu broju prijavljenih događaja. Sve u svemu, oko 1.4 miliona života je izgubljeno širom sveta u katastrofama izazvanim olujama, i više od 1.2 milijarde ljudi je pogođeno. Ukupni ekonomski gubitak u ovoj kategoriji iznosio je više od 2 100 milijardi dolara.



Slika 11. Distribucija meteoroloških katastrofa, broj poginulih, pogođenih osoba, kao i ekonomski gubici u različitim delovima sveta od 1900–2020. (Chaudhary and Piracha, 2021)

Globalna žarišta katastrofa izazvanih olujama između 1900. i 2020. godine prikazana su na mapi sveta na slici 12. Odgovarajući podaci za prvih 10 zemalja u svakoj kategoriji prikazani su u tabeli 4. SAD prijavile najveći broj događaja (28.4%) i imale su najveće ekonomske štete, odnosno 65.3% od ukupanog gubitka za prvih 10 zemalja. S druge strane, najviše poginulih je bilo u Bangladešu (49.63%), a najviše ljudi raseljeno je u Kini (43.86%). Madagaskar je bila jedina afrička zemlja koja je uvrštena među prvih 10 zemalja pogođenih ovom nepogodom.



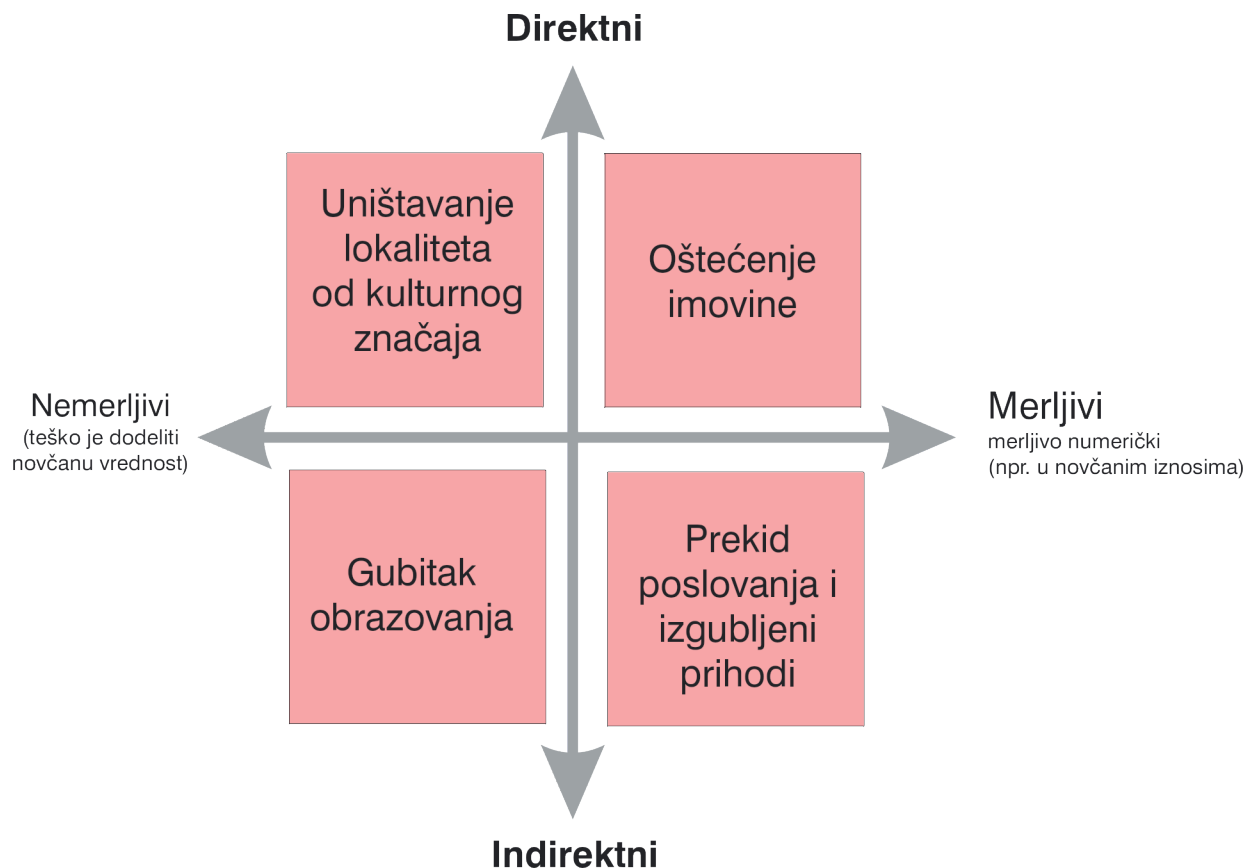
Slika 12. Globalne „vruće“ tačke meteoroloških nepogoda u 10 zemalja koje prednjače u broju katastrofa (Chaudhary and Piracha, 2021)

Tabela 4. Raspored događaja, smrtnih slučajeva, broja ljudi na koje je događaj uticao, kao i ekonomski gubici u 10 zemalja sa najviše meteoroloških nepogoda (Chaudhary and Piracha, 2021)

Zemlja	Događaji (%)	Zemlja	Smrtni slučajevi (%)	Zemlja	Pogođeno stanovništvo (%)	Zemlja	Ekonomski gubici (USD)
SAD	28.41	Bangladeš	48.63	Kina	43.86	SAD	63.34
Filipini	15.69	Kina	13.41	Filipini	16.89	Japan	8.42
Kina	13.34	Indija	12.79	Indija	13.13	Kina	7.73
Indija	8.60	Mijanmar	11.08	SAD	8.82	Puerto Riko	4.08
Japan	7.85	Filipini	3.82	Bangladeš	7.92	Indija	3.02
Bangladeš	7.64	Japan	2.68	Vijetnam	4.90	Nemačka	2.91
Vijetnam	5.25	SAD	2.38	Kuba	1.95	Meksiko	2.33
Meksiko	4.95	Honduras	1.90	Madagaskar	0.92	Australija	2.19
Australija	4.66	Hong Kong	1.82	Meksiko	0.76	Francuska	2.18
Tajvan	3.61	Vijetnam	1.51	Japan	0.76	Filipini	1.80

Kako su identifikovani direktni gubici (Slika 13), tako je izdvojena kategorija direktnih dobitaka koji predstavljaju koristi i oblike pomoći. Ljudi sa veštinama u građevinarstvu mogu dobiti dobro plaćeno zaposlenje u fazi obnove nakon događaja, a povremeno može doći do nekog dugotrajnijeg poboljšanja životne sredine. Na islandskom ostrvu Heimaey, vulkanski pepeo nastao erupcijom 1973. godine korišćen je kao temeljni materijal za proširenje aerodromske piste, a geotermalna toplota koristi se za grejanje.

Indirektni gubici su posledice drugog reda, kao što su poremećaji ekonomskih i društvenih aktivnosti (Slika 12). Na primer, za epidemije se ne prijavljuju finansijski gubici, iako prerana smrt aktivnih radnika neizbežno dovodi do gubitka radne snage i produktivnosti. Psihološki stres utiče na žrtve katastrofe direktno i ima indirektan uticaj na članove porodice i spasilačke radnike. Najčešće se javljaju šok, anksioznost, stres i apatija, koji se ispoljavaju kao poremećaji sna, agresivnost i zloupotreba alkohola.



Slika 13. Vizualna reprezentacija direktnih i indirektnih gubitaka, kao i onih koji su merljivi i nemerljivi (modifikovano prema UN Office for Disaster Risk Reduction – UNDRR, <https://www.undrr.org/>)

Mnoge gubitke je teško kvantifikovati. Na primer, uništavanje kulturno značajnih lokaliteta je direktan gubitak, iako kvantifikovati vrednost takvog gubitka može biti teško. Zamena ili stvarna tržišna vrednost lokacije i njenih zgrada ne uzima u obzir društveno i kulturno značenje ili usluge koje taj prostor pruža svojoj zajednici. Ova imovina, koja se teže vrednuje, ponekad se naziva „neopipljivim gubicima“. Kao posledica toga, baze podataka o gubicima u katastrofama retko uzimaju u obzir psihološke (posttraumatski stres), kulturne i ekološke (zagađenje vode za piće, prodor slane vode, itd.) uticaje.

Indirektne dobiti su manje istražen i razumljiv fenomen, ali zabeleženo je njihovo postojanje. Identifikovane su kao dugoročne koristi koje zajednica uživa kao rezultat njene lokacije sklone opasnostima. Malo sistematskih istraživanja je preduzeto, na primer, o ravnoteži između prednosti lokacije na obali reke (ravno građevinsko zemljište, dobre komunikacije, vodosnabdevanje i pogodnosti), u poređenju sa povremenim gubicima u poplavama.

Međutim, naknadno, rekonstrukcija oštećenog ili uništenog kapitala može imati suprotan efekat: kompanije uključene u aktivnosti rekonstrukcije doživljavaju rast i šire svoju radnu snagu, što rezultira većim prihodima koji se kao talas šire kroz privredu i dovode do ekonomskog rasta putem kejnzijanskih multiplikativnih efekata. Dakle, prirodne katastrofe istovremeno izazivaju i indirektno gubitke i indirektno dobitke. Ove gubitke i dobitke nazivamo indirektnim ekonomskim efektima.

Osvrt na prošlost omogućava nam da sagledamo kako se pristup proučavanju prirodnih nepogoda razvijao i menjao, kao i koji je put prethodio današnjim stavovima i znanjima. Smit i Petli (Smith & Petley) (2009) i Smit (Smith) (2013) dali su pregled paradigmi razvoja prirodnih nepogoda, oslikavajući važeće stavove i pristupe tog doba. U dalekoj prošlosti, velike prirodne katastrofe su tumačene kao „volja bogova”, odnosno njihov gnev zbog neadekvatnog ponašanja ljudi. Razvojem savremenog društva, postepeno su se formirala znanja o prirodnim nepogodama, odnosno o prirodnim hazardima, riziku, ranjivosti ljudske zajednice i aktivnostima za umanjene njihovih posledica.

Inženjerska paradigma bila je aktuelna u periodu do 1950. godine. U tom periodu dominirala je zainteresovanost za proučavanje hazarda, odnosno istraživanje prirodnih procesa i posledica njihovog delovanja. Inženjerska paradigma nastala je sa izgradnjom prvih rečnih brana na Bliskom istoku pre više od 4.000 godina. Prvi inženjerski poduhvati izgradnje zgrada otpornih na zemljotrese stari su više od 2.000 godina. Ovi poduhvati su se zasnivali na „ojačavanju“ građevina kako bi izdržale snažnija podrhtavanja, kao i planu evakuacije stanovništva u hitnim slučajevima. Sa razvojem geonauka i građevinske prakse, tokom narednih vekova došlo se do sve efikasnijih rešenja da se stave pod kontrolu štetni efekti određenih fizičkih procesa. Do kraja 19. veka nove mere, poput vremenske prognoze i sistema ranih upozorenja, počele su masovnije da se koriste. Sistemi ranog upozorenja, kao i mere koje se preduzimaju, sprovode se na bazi rezultata naučnih istraživanja, na osnovu kojih i danas donosioci odluka definišu važne strategije mitigacije. Eksperti u pomenutoj oblasti fokusirali su se na pitanje tehničkih rešenja koja mogu da omoguće suprotstavljanje prirodnom hazardu (izgradnja brana, aseizmička gradnja objekata i slično), kao i na pitanje klimatskih elemenata i razvijanja sistema za rano upozorenje na ekstremne prirodne pojave. Ova faza se može okarakterisati kao striktno „prirodnjačka”, i u okviru nje se celokupno shvatanje prirodnih nepogoda baziralo na „silovitosti delovanja prirodnih sila”, koje su shvatane kao jedini uzrok prirodnih nepogoda.

Bihevioralna paradigma bila je aktuelna u periodu 1950–1970. Do sredine dvadesetog veka, razumevanje interakcije opasnosti po životnu sredinu i ljudi bilo je ograničeno. Bihevioralna paradigma nastala je u radu

američkog geografa Gilberta Vajta (1936, 1945). On je uvideo da prirodne opasnosti nisu čisto geofizičke pojave, izolovane od društva, već su povezane sa odlukama ljudi da se nasele u predele sklone opasnostima. Odluke o naseljavanju određenog područja su bile motivisane ekonomskim dobitima. Vajt je kritički posmatrao sve napore na projektovanju sistema za kontrolu poplava i drugih nepogoda u SAD i prvi je definisao društvenu perspektivu *humane ekologije*. Ova tumačenja proizašla su iz ranijih radova tokom 1920-ih, posebno Harlana H. Barouza, koji je primenio koncepte iz ekologije kao što su međusobna povezanost, prostorna organizacija i uticaj sistema na funkcionisanje ljudskih zajednica. Osnovna ideja je bila da interaktivna priroda odnosa čoveka i životne sredine definiše dobrobit i jednog i drugog. Drugim rečima, ljudska ekologija povezuje fizičke i društvene nauke da bi pružila ravnotežu u odnosu koji nastaje između potreba ljudi i održivosti prirodne sredine.

Gilbert Vajt bio je prvi naučnik koji je postavio pitanje da li „prirodne” nepogode i hazardi zaista postoje. Smatrao je da ljudi treba da prilagode svoje ponašanje veličini i učestalosti prirodnih fizičkih procesa umesto da pokušavaju da kontrolišu ekstremne događaje u prirodi poput poplava. Iako revolucionarno u to vreme, ovo shvatanje je dovelo do stvaranja kombinovanog pristupa. Inženjeri su nastavili da projektuju izdržljivije građevine prema propisanim standardima, dok su naučnici počeli da koriste tehnokratska dostignuća u praćenju opasnosti i izdavanju šematskih ranih upozorenja. Istovremeno, naučnici iz obalsti društvenih nauka su istraživali kako se efekti prirodnih katastrofa mogu smanjiti ljudskim prilagođavanjem. Ovo kombinovano gledište postalo je širokoprihvaćeno. Tada je učinjen suštinski pomak u shvatanju prirodnih nepogoda, koji je u celokupnu problematiku uveo socijalni aspekt (komponentu ranjivosti). Shvaćeno je da prirodne nepogode nisu u potpunosti samo prirodni fenomeni koji se mogu posmatrati nezavisno od ljudskog društva, već da su direktno povezane sa mnogobrojnim individualnim ili kolektivnim odlukama, koje ih čine manje ili više ranjivim.

Razvojna paradigma bila je aktuelna u periodu 1970–1990, kao više teorijska i radikalnija alternativa. Ovaj filozofski pristup nastao je kao odgovor sporom napretku u smanjenju gubitaka nastalih usled katastrofa u manje razvijenim zemljama. Razvili su je naučnici

koji su verovali da su katastrofe u zemljama trećeg sveta negativan rezultat globalne ekonomije i marginalizacije manje privilegovanog stanovništva. Ekstremni prirodni događaji posmatrani su kao okidač duboko ukorenjenih i dugotrajnih problema, naročito siromaštva. Ova radikalnija interpretacija katastrofa predlaže fundamentalne promene u ekonomskom, društvenom i političkom sistemu. Suprotno bihejvioralnoj paradigmi, zadržava se na dugoročnim zajedničkim osnovama katastrofe i naglašava ograničenja pojedinačnih akcija koje nameću moćni finansijski i politički interesi. Razvojna paradigma je sažeta u radu Višnera i saradnika (Wisner et al.) (2004), koji smatraju da su katastrofe rezultat direktnog sukoba društveno-ekonomskih procesa koji dovode do ljudske ranjivosti i prirodnih procesa koji dovode do geofizičkih hazarda. Postoji nekoliko ključnih tačaka:

- Katastrofe su uglavnom uzrokovane ljudskom eksploatacijom, a ne prirodnim ili tehnološkim procesima. Osnovni uzroci ranjivosti na makroskali leže u ekonomskim i političkim sistemima, koji imaju moć i uticaj kako na nacionalnom tako i na globalnom nivou, i rezultiraju marginalizacijom siromašnih ljudi;
- Stalni pritisci, kao što su hronična neuhranjenost, bolesti i oružani sukobi, usmeravaju najugroženije ljude u nesigurna okruženja, kao što su loše izgrađena stambena naselja, naselja izgrađena na strmim padinama ili područja koja su podložna poplavama, bilo kao ruralni proleterijat (koji je lišen zemlje) ili kao gradski proleterijat (uterani u barake). Efikasni lokalni odgovori na opasnosti ograničeni su nedostatkom resursa na svim nivoima;
- „Normalnost“ u zapadnom smislu je iluzija. Česti udari katastrofa su karakteristični, a ne neobični, i pojačavaju socioekonomske nejednakosti. Smanjenje katastrofa u siromašnim zemljama zavisi od fundamentalnih promena i preraspodele bogatstva i moći. Modernizacija koja se oslanja na uvezenu tehnologiju i mere za „brzo rešenje“ je neprikladna. Umesto toga, samopomoć korišćenjem tradicionalnog znanja i lokalno dogovorenih odgovora smatra se boljim putem napred.

Ukratko, razvojna paradigma zasnovana je na teoriji da katastrofe proističu iz nerazvijenosti zbog

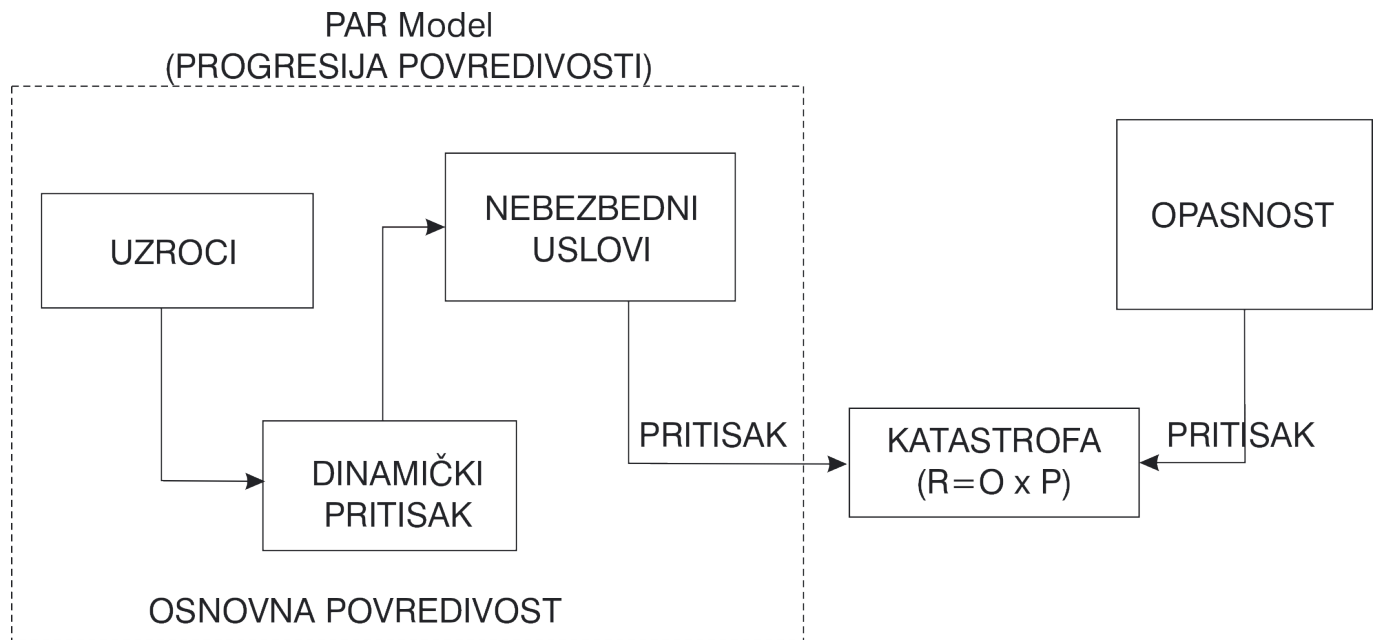
političke zavisnosti i nejednakih trgovinskih aranžmana između bogatih i siromašnih nacija. Najsiromašniji slojevi društva su primorani da preterano koriste zemlju i druge resurse, tako da se ovo ponašanje ne može smatrati „iracionalnim“. Konkretno, ruralna prenaseljenost, bezzemljaštvo i migracija u neplanski građene gradske četvrti sklone opasnostima su neizbežni ishodi kapitalizma, koji je viđen kao osnovni uzrok ekološke katastrofe.

U bliskoj budućnosti, malo je verovatno da će se politička ekonomija sveta promeniti dovoljno na način koji favorizuje razvojni lobi. Međutim, paradigma je bila od pomoći u preciziranju nekih ključnih koncepata, kao što su siromaštvo i ugroženost među manje razvijenim nacijama¹⁾. Geofizički procesi nisu jedini koji doprinose uticaju katastrofa, kao što bi humanitarna pomoć predstavljala trajno rešenje za duboko ukorenjene socioekonomske probleme u siromašnim zemljama. Jasno je da je potrebno bolje razumevanje socioekonomskih uslova, kao i analiza i mapiranje ranjivosti društva. Danas se ove aktivnosti rutinski preduzimaju, zajedno sa geofizičkim procenama rizika, kada se planira smanjenje katastrofa.

Uočen je problem prirodnih nepogoda u ekonomski nerazvijenim zemljama, kroz prizmu obima njihovih posledica, u odnosu na ekonomski razvijene države. Izvučen je zaključak da ekonomska zavisnost direktno utiče na povećanje učestalosti i obim posledica prirodnih nepogoda.

Postoje studije u kojima se tvrdi da su siromašni ljudi (definisani kao oni koji žive sa dva ili manje dolara dnevno) skoro dvostruko više izloženi prirodnim katastrofama od ostalih, i da oni dožive oko jedne petine više prirodnih katastrofa, nego ljudi koji nisu siromašni (Kim, 2012). Od ukupnog broja siromašnih ljudi širom sveta, oko polovina živi u južnoj Aziji, a njima treba dodati i jednu četvrtinu siromašnih iz Afrike. Istraživanja govore da katastrofe nastaju kao rezultat sukoba dve suprotstavljene strane: socijalno-ekonomskih procesa, koji stvaraju ljudsku povredivost, i prirodnih procesa, koji stvaraju geofizičke opasnosti. Ovaj pristup poznat je kao model pritiska i ublažavanja (Pressure and Release-PAR), (Blaikie et al. 1994), a šematski je prikazan na Slici 14. Model pritiska i ublažavanja prati progresiju povredivosti od uzroka, preko dinamičkih pritisaka do nebezbednih uslova, i povezuje njihove interakcije sa katastrofom.

1) Izraz „manje razvijene zemlje“ (zajedno sa krajnostima poput „najmanje razvijene“ i „visoko zadužene“) koristi se u skladu sa praksom Organizacije ujedinjenih nacija. Manje razvijene zemlje predstavljaju suprotnost „visoko razvijenim zemljama“. Umesto izraza „manje razvijene zemlje“, ranije se koristio izraz „treći svet“, ali se danas smatra zastarelim (Wisner et al. 2004).



Slika 14. Model pritiska i ublažavanja (Pressure and Release-PAR, modifikovano prema Turner et al., 2003)

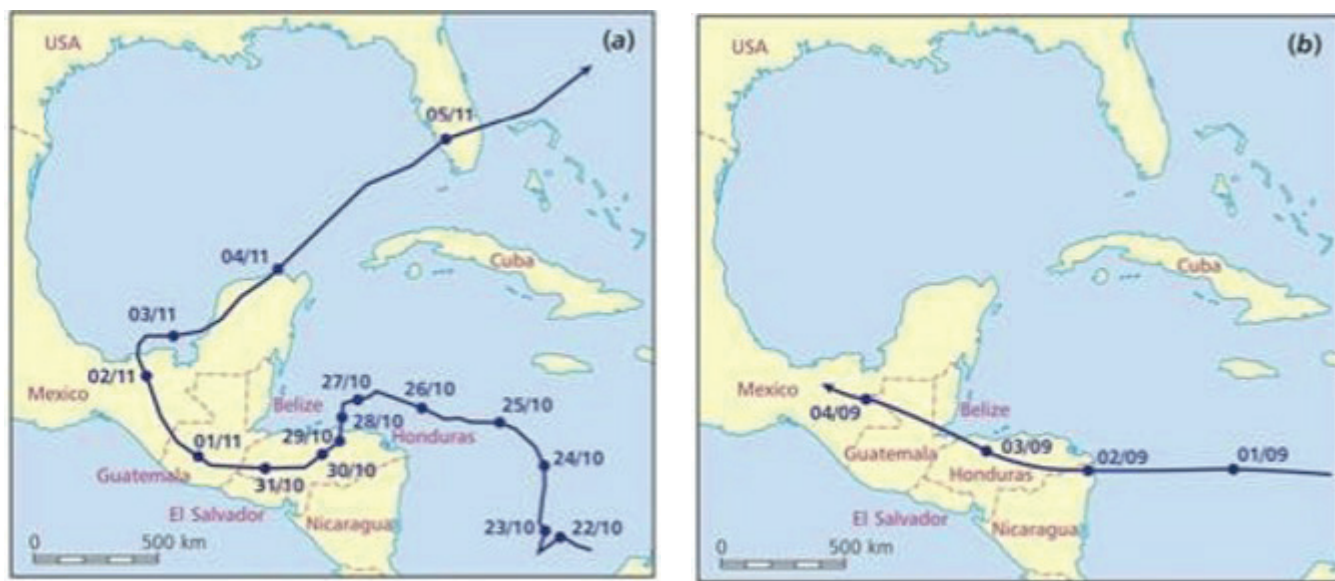
Višner i saradnici (Wisner et al.) (2004) u svom lancu objašnjenja definišu uzroke katastrofa kao povezane sisteme i procese unutar društva i svetske ekonomije. Oni tvrde da najvažniji uzroci koji dovode do ranjivosti imaju za osnovu ekonomske, političke i demografske faktore. Takođe, pomenuti uzroci uspostavljaju moć u društvu raspodelom resursa među različitim grupama ljudi. Na primer, siromašni su ekonomski marginalizovani i stoga imaju manje socijalne i političke moći u svojoj okolini od bogatih, i kao takvi postaju povrediviji. Nastavak ranjivosti se manifestuje dinamičkim pritiscima u koje spadaju brza urbanizacija, stanje rata, epidemije i sl. Autori, dalje, tvrde da ovi dinamički pritisci funkcionišu na različite načine, kako bi kanalisali uzroke povredivosti na osnovnom nivou, olakšavajući analizu nebezbednih uslova na mikronivou, na primer, domaćinstva ili specifične grupe (žene, deca, stari). Nebezbedni uslovi, koji iz toga proizilaze, poseban su kontekst povredivosti (npr. nebezbedni objekti, opasna životna zanimanja i sl.), gde su ljudi izloženi opasnostima od katastrofe. Faza oslobađanja u PAR obuhvata ideju da se pritisak može smanjiti primenom razvojne politike u svakoj fazi progresije povredivosti, ako bi se uticalo na uzroke, dinamičke pritiske i nebezbedne uslove. Najkraće, stanovište modela razvoja je da se katastrofe „aktiviraju“ iz nerazvijenosti. Ona nastaje iz političke zavisnosti i nejednakih trgovačkih aranžmana između bogatih i siromašnih nacija. Smatra se da su neizbežni ishodi kapitalizma (dolazak ruralnog stanovništva u gradove, nedostatak zemlje, nebezbedne lokacije, bespravna gradnja, neplanirane migracije i dr.) stvorili

gradove sklone opasnostima i katastrofama. Krajem 20. veka mnogi istraživači iz prirodnih i tehničkih nauka, uključujući građevinske inženjere i meteorologe, bili su angažovani u traženju različitih tehničkih rešenja, u cilju smanjenja povredivosti. Prednost modela razvoja je da dobro uočava neuspehe političkih i društvenih sistema i zato predlaže poboljšanje ljudske odgovornosti za predupređenje katastrofa i vanrednih situacija.

Fizičari, građevinski inženjeri i meteorolozi, smatrali su da je bihevioralna paradigma sa jasno definisanim prirodnim procesom i prirodnim hazardom i korišćenjem tehničkih rešenja i adaptivnih mera jedino objašnjenje prirodnih katastrofa. Nasuprot tome, sociolozi i naučnici iz oblasti društvenih nauka, oslanjali su se na paradigmu razvoja i usvojili gledište zasnovano na unakrsnim opasnostima i katastrofama, koje naglašava propuste unutar političkih i društvenih sistema, zajedno sa potrebom da se poboljša efikasnost ljudskih odgovora na sve vrste masovnih vanrednih situacija. McEntire (2004) je tvrdio da bihevioralna i razvojna paradigma jesu obogatile proučavanje prirodnih nepogoda i katastrofa, ali da svaki pristup ima ključne nedostatke. On je izneo argumente za širi, integrisaniji pogled, koji vidi katastrofu kao rezultat komplikovanih interakcija između mnogih varijabli – fizičkih, tehnoloških, društvenih i institucionalnih. Slično tome, Dines (2004) je zastupao gledište izvan fokusa koje su zapadne sile imale na opasnostima koje brzo nastaju i prete uglavnom ruralnim zajednicama u manje razvijenim zemljama.

Paradigma kompleksnosti formirana je 1990. godine, a aktualna je i danas. U fokusu je iznalaženje načina za smanjenje uticaja prirodnih nepogoda na održiv način. Pretpostavlja se da je to moguće dugoročnim upravljanjem hazardima, usklađenim sa potrebama i mogućnostima društva. Potreba za novom paradigmom može se ilustrovati pričom o dva uragana. Dana 28. oktobra 1998. uragan Mič (Mitch) udario je obalu Hondurasa kao oluja petem, najjače kategorije tropskog ciklona. Tokom naredna tri dana prešao je Honduras, Nikaragvu i Gvatemalu, načinivši razaranja kroz čitavu Centralnu Ameriku (Slika 15). Do 2. novembra najmanje 11 000 ljudi je stradalo, a sličan broj ljudi se vodio kao nestao. Većina smrtnih slučajeva je rezultat klizišta i bujičnih poplava koje su izazvale i ogromnu materijalnu štetu, procenjenju na preko 5 milijardi američkih dolara, u oblastima koje su već bile siromašne. Devet godina kasnije, 2. septembra 2007. uragan Feliks, još jedna oluja pete kategorije, spustio se na granici Hondurasa i Nikaragve na skoro istoj lokaciji kao i Mič (Slika 15b). Imao je sličnu putanju, prelazeći preko

Hondurasa, Nikaragve i Gvatemale, donoseći jake vetrove i intenzivne padavine. Ali ovoga puta gubici su bili daleko manji. Procenjeni broj smrtnih slučajeva bio je 135, manje od jednog procenta smrtnih slučajeva u uraganu Mič, dok je materijalna šteta bila samo delić one ranije zabeležene. Dve oluje su imale sličnu veličinu i intenzitet i imale su sličnu putanju, ali su imale različite posledice. Zašto bi to bilo tako? Odgovor zasnovan na bihejvioralnom pristupu bi naglasio sile prirode: možda su intenzitet i trajanje padavina bili mnogo veći za vreme uragana Mič nego za vreme uragana Feliks. Ovo je moguće jer se uragani ocenjuju prema maksimalnim brzinama vetra, a ne prema padavinama, zbog čega je Mič doveo do većih materijalnih i ljudskih gubitaka. Odgovor zasnovan na razvojnoj paradigmi naglasio bi ranjivost lokalnog stanovništva. Na primer, nakon uragana Mič primenjene su nove mere za smanjenje katastrofe, ljudi iz najugroženijih područja su preseljeni, i poboljšano je planiranje u vanrednim situacijama, koje bi donekle smanjili uticaj Feliksa.



Slika 15. Putanja dva uragana 5. kategorije preko Centralne Amerike. Gornja slika prikazuje putanju uragana Mitch tokom oktobra i novembra 1998; donja slika prikazuje uragan Feliks septembra 2007. godine (Petley, 2009).

Paradigma kompleksnosti – koju su Mileti i Majers (Mileti and Myers 1997) nazvali i „održivo ublažavanje opasnosti“ – posmatra dalje od lokalnog, kratkoročnog smanjenja gubitaka a u cilju povezivanja. Nova paradigma ne podrazumeva potpuno odbacivanje prethodnih ideja, već naglašava različite stavove. Najuspešnije paradigme objavljuju najbolje praktične primere iz prošlosti i apsorbuju to iskustvo u novi pristup. Fokus se ovde pomerio sa spremnosti i reagovanja u vanrednim situacijama ka ublažavanju koje uključuje dugoročni oporavak i poboljšanje, kao i društvena pitanja kao što su ranjivost i otpornost. Ali prethodne

strategije i dalje ostaju relevantne. Teško je zamisliti svet u kojem dobro osmišljeni inženjerski radovi, dobro planiranje i korišćenje zemljišta, kao i efikasna humanitarna pomoć, nemaju nikakvu ulogu u smanjenju katastrofa.

Paradigma kompleksnosti ugrađuje opasnosti i katastrofe u globalna pitanja kao što su klimatske promene i održivi razvoj. Ljudi nisu samo žrtve opasnosti; oni sami doprinose opasnim procesima i ishodima katastrofe. Ljudskim aktivnostima se prekomerno iskorišćavaju i degradiraju prirodni resursi, što se odnosi na krčenje šuma i globalno zagrevanje. One, takođe, povećavaju rizik od prirodnih opa-

snosti kao što su poplave reka i porast nivoa mora. Tačne veze između „tradicionalnih katastrofa“ i „kompleksnih vanrednih situacija“ i dalje su nejasne. To je zato što tek počinjemo da shvatamo stepen ljudske dominacije nad ekosistemima i stepen do kojeg to utiče na ranjivost društava.

Očekuje se da će katastrofe u budućnosti biti većeg obima nego u prošlosti, zbog rastuće složenosti ljudskog društva i koncentracije ljudi u urbanim sredinama. Megakatastrofe, koje mogu da preseku regionalne granice i postojeće društveno-ekonomske sisteme, moraju se uzeti u obzir. To uključuje pretnje poput pandemije bolesti i sudara meteorita sa naseljenim delovima planete Zemlje. Neke pretnje, poput klimatskih promena, već imaju globalni značaj.

Paradigma haosa koju su drfinisali Akimov i saradnici (2006) posvećena je rasvetljavanju paradoksa uzroka nastanka i zakonitosti odigravanja nesvakidašnjih događaja u prirodi i društvu, nazvanih: red, kaos, katastrofa i sinergija.

Paradigma haosa je razvijena kao odgovor na potrebu da se razume kako naizgled jednostavni sistemi mogu da razviju veoma složene stilove ponašanja. Termin „haos“ koristi se za opisivanje nepravilnog i nepredvidivog ponašanja dinamičkog sistema. Matematičari su egzaktno definisali neke takve dinamičke sisteme, što je pomoglo da se oni donekle shvate. Primeri opisivanja zakonitosti u takvim nelinearnim dinamičkim sistemima su: ponašanje u ratu, širenje epidemije, uticaj gustine naseljenosti na širenje bolesti, itd. Glavna poteškoća predviđanja dugoročnog ponašanja haotičnih sistema je u njihovoj velikoj osetljivosti na početne uslove. Zapravo, to je suština teorije haosa. To znači da i najmanja razlika u početnim uslovima dovodi do različitih konačnih rezultata. Ovo otkriće potiče od poznatog matematičara i meteorologa Lorenza (Lorenz) (1963), koji je u pokušajima da matematičkim simulacijama načini dugoročnu prognozu vremena otkrio prvi haotični fenomen, popularno nazvan „efekat leptirovih krila“. Ovaj fenomen se metaforički tumači kao da leptir mašući krilima danas u Pekingu, može time, na primer, da stvori oluju sledećeg meseca u Njujorku. U stvari, ova metafora govori o tome da mala promena u nelinear-

nom, haotičnom sistemu (atmosfera) može u potpunosti da promeni citav sistem. Numeričkim eksperimentima je dokazano kako dva početna stanja daju potpuno različita stanja atmosfere na kraju procesa modeliranja, što veoma liči na „efekat leptirovih krila“. Posle Lorenzovog otkrića, ovaj fenomen su pronađeni i u drugim oblastima. Sve ovo je ustoličilo sasvim novu naučnu disciplinu, danas poznatu pod nazivom „teorija (determinističkog) haosa“. Ova teorija ima vrlo razgranat istraživački opus, naročito primenjiv u teoriji i praksi udesa i katastrofa. Teorija katastrofa je poseban oblik teorije haosa, koja je razrađena 60-tih godina dvadesetog veka. Teorija proučava iznenadne promene u sistemu, koje nastaju zbog malih promena u okolnostima. Smatra se da je katastrofa apsolutna i nagla perturbacija sistema. Tada sistem postaje nestabilan, nepredvidiv, i javlja se katastrofa, iznenadni događaj. Mogućnost nastanka katastrofe nije osobina pojedinih delova sistema, već osobina celog sistema. Prethodno pomenuti model kompleksnosti, kao „sinergija ili interdisciplinarno i kompleksno polje naučnog znanja“ nastao je u teorijskim oblastima matematike i fizike, pri kraju osme decenije prošlog veka i u tesnoj je vezi sa teorijom katastrofa. Ovaj model obezbeđuje opštu primenu na prirodne i društvene sisteme na način kojim se ovi sistemi kombinuju/interaguju u stvaranju katastrofa. U osnovi, ovaj model sadrži ideju o sistemu sastavljenom od grupa komponenata koje se kombinuju kako bi proizvele rezultatno delovanje (Slika 16). Ovo sugeriše da su mnogi prirodni i društveni sistemi previše komplikovani da se shvate samo linearnim modelom, već zahtevaju sposobnost veoma kompleksnog (nelinearnog) razmišljanja. Ovde je važno uočiti da svaki podsystem može uticati na one podsysteme sa kojima komunicira, i da ovi uticaji određuju stanje celokupnog sistema. Ovi uticaji predstavljaju interakcije između komponenti, čime se stvara ono što se zove pojavno rezultatno ponašanje, kao i konačni izlaz iz modela. Treba napomenuti da se ove interakcije ne dešavaju samo na jednom „horizontalnom i/ili vertikalnom i/ili vremenskom“ nivou, već su interakcije višeslojne po mnogim i/ili svim nivoima.



Slika 16. Grafički prikaz modela kompleksnosti (prema Smith and Petley, 2009)

Sinergetska teorija modela kompleksnosti postavlja opasnosti i katastrofe u globalni okvir. U mnogim slučajevima, ljudske (antropogene) akcije doprinose opasnim procesima sa katastrofalnim ishodima. Sistemi prirode i društva su povezani na mnogim nivoima. Tako, svaka promena u jednom sistemu na nekom nivou ima uticaja na neke nivoe drugog sistema i obrnuto (nelinearni procesi/interakcije, povratne sprege). Poznavanje ovakvih promena je veoma važno. Ljudske aktivnosti često degradiraju prirodne resurse kroz procese, na primer, krčenja

šuma, industrijalizacije, menjanja sastava atmosfere i sl. Sve ovo pojačava rizike od, na primer, poplava, rasta i/ili smanjenja nivoa mora, promene aridnosti regiona.

Iz opisa napred navedenih teorijskih modela možemo zaključiti da su istraživanje i razvoj naučnog pristupa nastanku udesa i katastrofa veoma interdisciplinarno postavljeni, i da su primenjene mnoge nauke i naučne discipline, kao što pokazuje Tabela 5. Takođe, u teorijama o nastanku katastrofa primenjene su različite škole (pravci) mišljenja, što prikazuje Tabela 6.

Tabela 5. Interdisciplinarnost nauke o prirodnim nepogodama i katastrofama (prema Cooke and Rohleder, 2006)

Nauke	Naučne discipline
Nauke o Zemlji i atmosferi	Meteorologija; Klimatologija; Hidrologija; Okeanografija; Geografija; Geologija; Geohemija; Ekologija; Prirodne katastrofe
Fizika i matematika	Fizika; Matematičko modeliranje; Matematičko programiranje; Operaciona istraživanja; Verovatnoća i statistika; Analiza rizika
Biologija, Hemija i poljoprivreda	Biologija, hemija i poljoprivreda
Medicina	Humana medicina; veterina
Tehničke nauke	Gradnja; Urbanizam; Saobraćaj; Mašinstvo i mašinogradnja; Elektrotehnika i elektronika; Informaciono-komunikacione tehnologije
Društvene nauke	Sociologija; Psihologija; Istorija; Antropologija; Pravo; Ekonomija; Političke nauke; Nauka o upravljanju

Tabela 6. Škole (pravci) mišljenja o katastrofama

Škole mišljenja	Sociološki
	Psihološki
	Ekonomsko-finansijski
	Studije razvoja
	Medicinske
	Fizičko-tehnički
	Geografsko-antropološki
	Krivično-pravne i forenzičke

Teorije o poreklu katastrofa su se vremenom razvijale, pokazujući napredak ljudskog razumevanja prirodnih pojava i njihove interakcije sa društvenim sistemima i infrastrukturu koju je izgradilo čovečanstvo. Razumevanje ovih teorija neophodno je za planiranje, pripravnost i ublažavanje prirodnih katastrofa. Četiri teorije prirodnih katastrofa su izdvojene.

Katastrofa kao odmazda — Božji čin

Najranija teorija, sa konstantnim prihvatanjem u nekim zajednicama, sugerise da su katastrofe Božija dela, koja se dešavaju kao „božanska odmazda za ljudska nedela i propuste“. Nedavna studija je otkrila da je koncept katastrofe kao Božijeg dela još uvek rasprostranjen širom sveta, a takvo uverenje se učvršćuje nakon pojave velike prirodne katastrofe. Ovo fatalističko gledište podstiče prihvatanje negativnih posledica takvog događaja kao dela nečije sudbine i predlaže da je ublažavanje uticaja katastrofe van ljudskih kapaciteta. Takav fatalistički stav mogao bi biti jedan od razloga nespremnosti za katastrofu i usvajanje boljeg planiranja i korišćenja zemljišta, kao i mera za ublažavanje katastrofa u mnogim delovima sveta.

Katastrofa kao fizički fenomen — čin prirode

Napredak u načnom mišljenju i znanju nakon renesanse počeo je da menja percepciju i poimanje prirodnih nepogoda i katastrofa. Katastrofe su počele da se posmatraju kao deo prirodne realnosti. Lisabonski zemljotres 1755. godine je verovatno prva katastrofa koja je oblikovala gledište prema kome su prirodni i geofizički fenomeni faktori odgovorni za prirodnu katastrofu. Pre 1755. godine, zemljotresi su tradicionalno interpretirani kao sredstvo dramatične komunikacije između bogova i ljudi. Konkretno, takvi događaji su objašnjavani kao indikator neravnoteže i nesklada između zemaljske i nebeske sfere. Lisabonski zemljotres označen je kao tačka preokreta u ljudskoj istoriji, koja je sagledavanje ovakvih geofizičkih događaja pomerila sa aspekta metafizičkog na mnogo sekularniji, protonaučni način sagledavanja stvari.

Ova teorija katastrofa je postala široko prihvaćena na početkom 20. veka. Međutim, fatalizam povezan sa katastrofama ostao je u svesti ljudi, posebno vezano za zemljotrese i vulkanske aktivnosti. Jedina razlika je bila promena u uzroku katastrofe, od Boga do majke prirode.

Ova teorija je bila ključna pri usvajanju inženjerskih mera za „kroćenje“ sila prirode koje izazivaju katastrofe u naseľljenim delovima sveta. Najraniji primeri takvih pokušaja se mogu naći u izgradnji rečnih brana na Bliskom istoku pre oko 4000 godina i naseobina otpornih na zemljotrese u Kini pre oko 2000 godina. Veliki koraci su napravljeni u razumevanju porekla, fizičkog uzročnog mehanizma i budućeg predviđanja prirodnih hazarda i katastrofa (npr. poplave, zemljotresi, oluje, vulkanska aktivnost, itd.) krajem 18. veka. Kontinuirano otkrivanje i inovacije na ovom polju se nastavljaju i danas. Naučna saznanja su tada korišćena za inženjerska rešenja kao što je izgradnja nasipa za kontrolu poplava. Pored toga, istraživanja su korišćena kako bi se dobio odgovor na pitanje kako se zaštititi od razaranja izazvanih prirodnim pojavama kao što su zemljotresi, oluje ili vulkanska aktivnost. Međutim, uprkos usvajanju i korišćenju inženjerskih rešenja, kontinuirano raste broj ljudskih žrtava i materijalnih gubitaka koji su proistekli iz prirodnih katastrofa u prvoj polovini 20. veka. Sve ovo je dovelo do spoznaje da prirodni fenomeni nisu jedini uzrok katastrofa, a problem se ne može adekvatno rešiti usvajanjem čvrstih naučnih saznanja. Ovo je dovelo do treće teorije, da se katastrofe dešavaju zbog interakcija između prirodnih pojava i društvenih sistema.

Katastrofa kao čin interakcije prirode i čoveka

Kar (Carr) (1932) je bio prvi koji je predložio da se katastrofe dešavaju zbog interakcije između geofizičkog (prirodnog) sistema i njegovog korišćenja od strane stanovništva. Ukoliko ne postoji interakcija sa populacijom, čak i kada se geofizički proces odigra, to neće rezultirati katastrofom. Vajt (White) (1936) je predstavio svoju teoriju da katastrofe moraju da imaju društvenu dimenziju. On je sa zaprepašćenjem primetio da su, ujedno sa stvaranjem i korišćenjem sistema za zaštitu od poplava, ljudi počeli više da koriste zemljišta podložna poplavama radi kratkoročne ekonomske dobiti. Međutim, takve aktivnosti su rezultirale većim ekonomskim gubicima, nakon što se sistem zaštite od poplava pokazao nedovoljno pouzdanim. Vajt je zagovarao koncept „humane ekologije“, koji se odnosi na promišljeno planiranje i korišćenje zemljišta, kao i međusobnu povezanost prirodnih i društvenih sistema.

Slično gledište ekološkog dizajna zastupano je za urbano planiranje, koje zahteva modifikaciju prirode za potrebe ljudi, uz poštovanje ekologije predela. Pomenuti teoretičar je tvrdio da takvo planiranje smanjuje uticaj prirodnih nepogoda na ljudska naselja.

Do kraja 20. veka bilo je sigurno da su određene nacije i delovi populacije bili više ranjivi i pod većim uticajem prirodnih nepogoda. Istraživači su pokušavali da pronađu vezu između nerazvijenih zemalja i impakta prirodnih katastrofa. Dve uznemirujuće činjenice su zabeležene: broj poginulih je bio mnogo veći u zemljama niskog ekonomskog razvoja, iako su apsolutni ekonomski gubici u slabo razvijenim zemljama bili niži. Slabo razvijene zemlje nalaze se u začaranom krugu niskog ekonomskog razvoja koji je pogoršan i pojavom sve učestalijih prirodnih nepogoda. Sredstva dobijena od međunarodne zajednice za rast i razvoj ekonomije se tada usmeravaju na aktivnosti obnove.

Vredi napomenuti da su naučnici doveli u pitanje upotrebu termina „prirodne katastrofe“, jer se čini da se pogrešno katastrofe pripisuju prirodi i maskira se uloga donosilaca odluka odgovornih za nerazvijenost, što je glavni uzrok povećane ranjivosti ljudi na prirodne opasnosti. Nedavno je izvršena opsežna analiza upotrebe termina „prirodne katastrofe“ od strane istraživača i stručnjaka uključenih u upravljanje rizikom od katastrofa (Disaster Risk Management - DRM). Zaključeno je da većina autora vidi njegovu upotrebu kao „pogodan termin“, iako su potpuno svesni da su uglavnom ne-prirodni faktori odgovorni za pretvaranje prirodne opasnosti u katastrofu. Odnedavno se u akademskim krugovima i DRM organizacijama može primetiti promena u vidu prestanka upotrebe ovog obmanjujućeg termina. Međutim, očekuje se da će se upotreba ovog termina nastaviti među istraživačima, novinarima i masovnim medijima u bliskoj budućnosti. Kulturni i društveni aspekti, politička nestabilnost, nedostatak volje, građanski nemiri, fatalistička uverenja i druge antropološke dimenzije predstavljaju bezbroj izazova u sprovođenju mera izgradnje kapaciteta i ublažavanja ugroženosti od prirodnih katastrofa. Stoga su predloženi različiti holistički pristupi ublažavanju posledica prirodnih katastrofa, koji nastoje da integrišu različite fizičke pokretače prirodnih opasnosti, povezana inženjerska rešenja i društveno-ekonomsko-političko-kulturne dileme. Ljudi se sve manje vide kao žrtve prirodnih katastrofa, već kao neko ko doprinosi lošem ishodu – kroz neracionalnu eksploataciju prirodnih resursa, uticaj na klimatske promene i neefikasno funkcionisanje političkih i ekonomskih sistema.

Iako ne postoji zvanična definicija prirodnih nepogoda, naučnici iz različitih naučnih disciplina uložili su ogromne napore u proučavanje ove problematike. Istraživanje prirodnih nepogoda je viđeno kao inter i multidisciplinarno jer su u proučavanje uključene i mnoge druge naučne discipline pored prirodnih i tehničkih nauka (koje su prisutne od samih početaka istraživanja). Od sredine osamdesetih godina prošlog veka uključene su i društvene nauke (geografija, sociologija, političke nauke, psihologija, antropologija, regionalno planiranje i drugo).

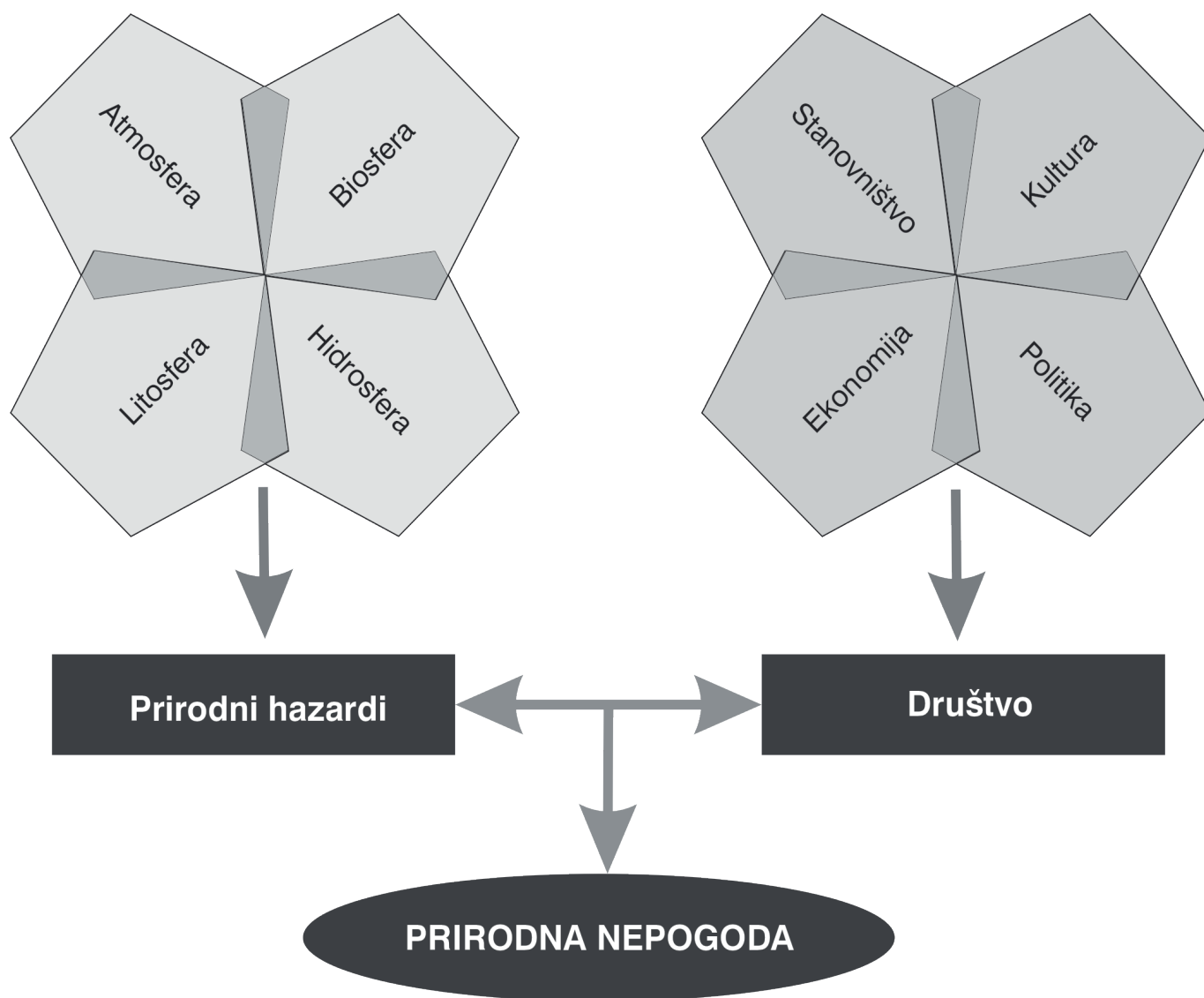
Ovakvo šire sagledavanje problematike prirodnih nepogoda ima svoje korene u 1975. godini, kada su geograf Gilbert Vajt (Gilbert F. White) i sociolog Eugen Has (Eugene Haas) publikovali pionirski izveštaj o sposobnosti nacije da izdrži i odgovori na pojavu prirodnih hazarda/ prirodnih nepogoda (eng. Assessment of Research on Natural Hazards). Oni su insistirali na inkorporiranju društvenih nauka u proučavanje prirodnih nepogoda, jer će to omogućiti bolje razumevanje ekonomskih, društvenih i političkih aspekata prirodnih nepogoda. Na taj način omogućeno je prevazilaženje postojećeg jaza u shvatanju prirodnih nepogoda, ali ono što je još važnije – ukazano je na mogućnost boljeg sprovođenja akcije za jačanje kapaciteta (otpornosti) društva.

Promene koje su tada nastale, trajno su usvojene, te je aspekt istraživanja prirodnih nepogoda izmenjen i proširen. U skladu sa tim, prirodne nepogode se suštinski shvataju kao rezultat kolizije, s jedne strane prirodnog procesa, a sa druge strane društva, na određenoj teritoriji u određenom trenutku (Slika 17). Prirodni i društveni procesi neraskidivo su povezani, a ta veza funkcioniše dvosmerno i na više različitih nivoa, odnosno, s jedne strane imamo neki prirodni proces odgovarajuće magnitude koji deluje na društvo, a s druge strane društvo svojim aktivnostima i različitim razvojnim procesima i ponašanjem (urbanizacija, gustina naseljenosti, kvalitet životne sredine i očuvanost prirodnih resursa i drugo) formira okruženje koje može da doprinese učestalosti njegovog pojavljivanja i različitom stepenu osetljivosti na njegovo delovanje.

Do kraja 20. veka u naučnim krugovima je vladala dilema: koja od komponenti ima veći značaj u ovom odnosu? Rezultati mnogobrojnih istraživanja pozali su da je socioekonomska komponenta, odnosno ranjivost,

upravo ona koja u najvećoj meri utiče na povećanje, odnosno smanjenje rizika. Generalno posmatrano, došlo se do zaključka da koreni prirodnih nepogoda ne leže u prirodi, već se vezuju za društvo, odnosno, mogu se

pronaći u svakodnevnom funkcionisanju pojedinca i zajednice. Ovakva ideja, odnosno shvatanje, predstavlja otklon od ranije uvreženih shvatanja da su nepogode isključivo prirodne pojave.



Slika 17. Sastavni elementi prirodne nepogode (Modifikovano prema Alcántara-Ayala, 2002)

Ova dva aspekta, prirodni i društveni, iako se mogu posmatrati i istraživati pojedinačno u drugim kontekstima, kada se govori o prirodnim nepogodama, ne mogu se odvojiti, jer to onemogućava pravilno shvatanje prirodnih hazarda, potencijalnih nepogoda, ali i potrebnih aktivnosti koje su neophodne za njihovo ublažavanje.

U istraživanju društvenih naučnih disciplina, posebna pažnja se poklanja sledećim dimenzijama prirodne nepogode: dužina upozorenja (vreme koje prođe od detektovanja prirodnih hazarda do trenutka kada se osele njegovi efekti), magnituda uticaja (nivo

ozbiljnosti uticaja), obim uticaja (ukazuje na društvene i geografske granice), trajanje uticaja (vremenska razlika između nastanka nepogode i trenutka kada više ne proizvodi pomenute efekte – posledice).

Takođe, prirodna nepogoda se posmatra i kao faktor promene društvenog i kulturnog miljea ugrožene zajednice, jer može ugroziti njen kapacitet za adaptaciju i prilagođavanje novonastalim uslovima nakon prirodne nepogode, što može onemogućiti nastavak normalnog funkcionisanja.

Klasifikacija katastrofa u brojnim slučajevima izvršena je prema brzini nastanka, pri čemu se izdvajaju iznenadne/nagle i postupene/spore katastrofe, dok je podela prema uzroku nešto konciznija i katastrofe deli na: prirodne i antropogene. Kao posledica toga, prirodna katastrofa definisana je kao brzi uticaj na prirodno okruženje i na socioekonomski sistem ili kao iznenadni disbalans između snaga koje, jačanjem prirodnih sistema sa jedne strane, deluju na suzbijanje snage društvenog sistema sa druge strane. Štetne posledice takve neravnoteže zavise od odnosa između veličine katastrofalnih prirodnih događaja i rezistencije ljudskih naseobinskih sistema na takav jedan događaj. Prema Tobinu i Moncu, katastrofa je događaj koji ima veliki uticaj na društvo, pri čemu kao pojava remeti njegovo uobičajno funkcionisanje i rad, gde pritom može ali i ne mora da dovede do smrtnih slučajeva, ali obično dovodi do ozbiljnih ekonomskih posledica. Ruski naučnici prirodne katastrofe tretiraju u okviru vanrednih situacija, pri čemu ih dele na: vanredne situacije prema izazivaču hazarda (prirodne, antropogene, biološke, sociološke, tehnogene i kombinovane); prema prostornoj obuhvatnosti (na mestu akcidenta, lokalne, mesne, državne, regionalne, globalne); prema načinu izazivanja (namerno izazvane i akcidentalne); prema brzini pojavljivanja (eksplozivne, nagle, prelazne, umerene); prema karakteru akcidenta (neizbežne i preventivne) i prema pripadnosti (industrijske, građevinske, transportne, stambeno-komunalne, poljoprivredne i šumarske).

Najprikladnije definicije i kategorizacije prirodnih katastrofa su one izvršene prema fizičkom uzroku nastanka – geofizičke, meteorološke, hidrološke, klimatološke, biološke i astronomske. Takođe, postoje definicije i kategorizacije katastrofa prema kvantitativnim

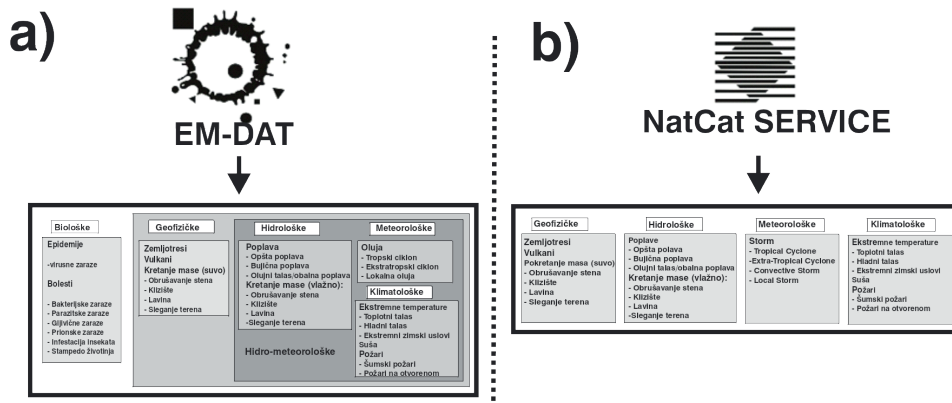
pokazateljima, kao što su broj ljudskih žrtava, količina materijalne štete ili obim neophodne pomoći kako bi se katastrofa ublažila ili sanirala.

Centar za istraživanje epidemiologije katastrofa (CRED) i Minhensko osiguravajuće društvo (Munich RE) već godinama nastoje da uvedu standardizaciju i definicije katastrofa koje bi bile prihvaćene na globalnom nivou. Tokom 2006. godine, CRED je pristupio reviziji setova podataka vezanih za prirodne katastrofe i njihov uticaj. Cilj revizije je bio da se formira baza podataka sa sveobuhvatnim prikazom prirodnih katastrofa i daju predlozi za poboljšanje.

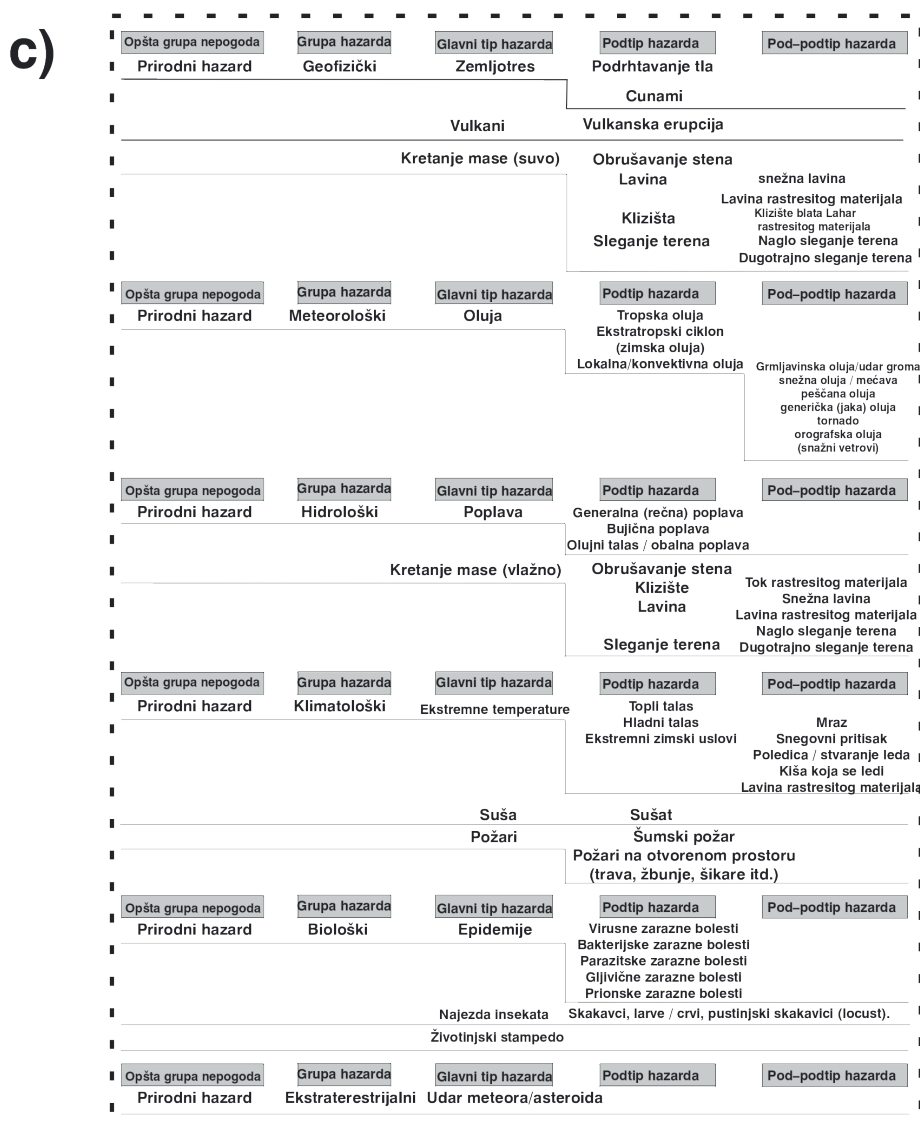
U okviru EM-DAT baze podataka izdvajaju se dve osnovne vrste katastrofa: prirodne i tehnološke. Pri tome se prirodne katastrofe prema fizičkom uzroku nastanka dele na 5 pod-grupa: geofizičke, meteorološke, hidrološke, klimatološke i biološke koje obuhvataju 12 tipova i preko 20 podtipova katastrofa (Slika 18).

Za razliku od CRED-a, Minhensko osiguravajuće društvo (Munich RE), u cilju klasifikacije i kategorizacije, razlikuje: manje nepogode, ozbiljnije i jače katastrofe, kao i izuzetno razorne prirodne katastrofe. Tako grupisane, one se dele na određene kategorije. Baza podataka NatCatSERVICE prirodne katastrofe klasifikuje u četiri grupe: geofizičke, meteorološke, hidrološke, klimatološke, a one u suštini pokrivaju 9 osnovnih tipova katastrofa i 20 podtipova (Slika 16). Tokom 2007. godine CRED i Munich RE postigli su sporazum o harmonizaciji klasifikacije prirodnih katastrofa, kako bi se što efikasnije izvršio proces njihove implementacije, u cilju monitoringa, registracije, prevencije i operativne namene u kriznim (vanrednim) situacijama (Slika 18) (EM-DAT: The OFDA/CRED).

PRIRODNE NEPOGODE / KATASTROFE



GRUPISANJE PRIRODNIH NEPOGODA / KATASTROFA



Slika 18. Klasifikacija prirodnih katastrofa u okviru EM-DAT

(a) i NatCatSERVICE

(b) baza podataka i koncept njihove harmonizacije

(c) (prema Lukić et al., 2012)



VRSTE PRIRODNIH NEPOGODA

U ovom udžbeniku usvojena je podela prirodnih nepogoda na osnovu njihovog izvora, hazarda, koju su koristili Lukić i saradnici (Lukić et al) (2012). Ova podela počiva na principima Sendajskog okvira za smanjenje rizika od katastrofa 2015–2030, a koristi se u velikim svetskim bazama (EMDAT).

Geofizičke ili litološke nepogode

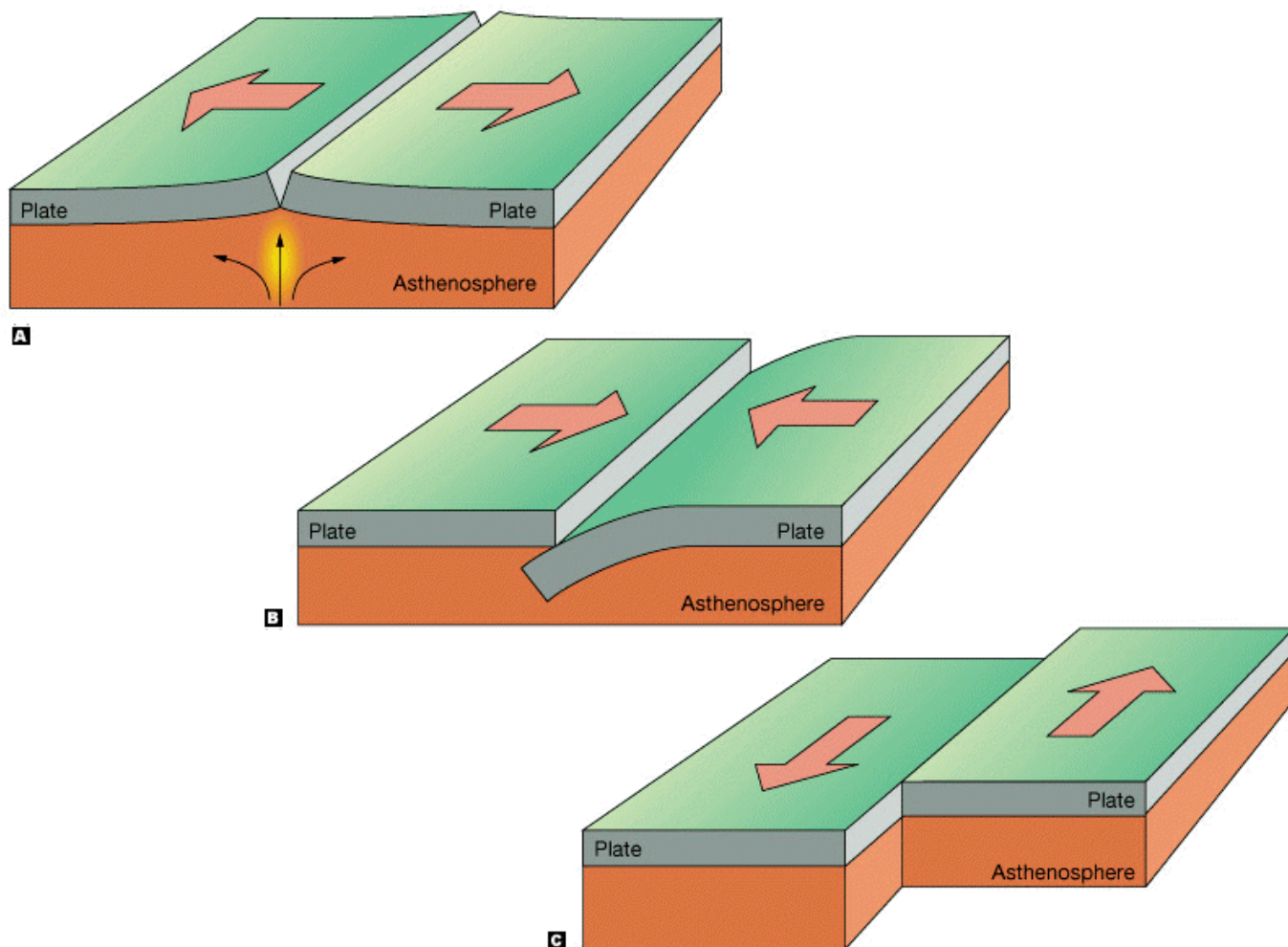
Geofizičke ili litosferske opasnosti uključuju one koje se javljaju ili potiču iz litosfere. Tektonska kretanja dovode do pojava kao što su vulkanizam i seizmizam. Stene Zemljine kore, odnosno litosfera, stalno su izložene delovanju spoljašnjih (egzogenih) i unutrašnjih (endogenih) sila, čije je dejstvo suprotno. Kao rezultat delovanja unutrašnjih sila, nastaju razni poremećaji stenskih masa u Zemljinoj kori, koji se manifestuju strukturnim deformacijama, odnosno skupljanjem, sabijanjem i rastavljanjem pojedinih delova zemljine kore. Ove deformacije Zemljine kore, nastale delovanjem tektonskih sila nazivaju se tektonskim poremećajima. Procese i pojave koji su nastali pod uticajem spoljnih sila proučava egzodinamika, a one koji su nastali dejstvom unutrašnjih sila endodinamika. Delovanjem unutrašnjih sila definiše se topografija Zemljine površine, ali to se odvija dugoročno, njihovo dejstvo je dugotrajno, tako da ne dovode do direktnog nastanka prirodnih nepogoda, već one nastaju delovanjem određenih procesa izazvanih ovim kretanjima. Neotektonska kretanja su od posebnog značaja za pojavu prirodnih katastrofa. Usled dejstva mladih tektonskih poremećaja (neotektonskih pokreta), na površini zemlje se javljaju zemljotresi i vulkanske aktivnosti.

Zemljina unutrašnja toplota pokreće geološke procese koji se odvijaju u unutrašnjosti Zemlje, a to su magmatizam i metamorfizam. Proces koji su doveli do obrazovanja reljefa na površini Zemlje, rasporeda kopna i mora, nastanka vulkana i zemljotresa, oduvek su interesovali naučnike. S vremenom je došlo do izdvajanja nekoliko hipoteza koje je trebalo da objasne nastanak današnjeg reljefa i rasporeda kontinenata i okeana, a to su takozvane „geotektonske teorije“.

Prema teoriji tektonike ploča, površina naše planete nalik je slagalici, jer je izgrađena od velikog broja litosfernih ploča različite veličine. One se neprekidno kreću, razdvajaju ili sudaraju. U njihovoj interakciji na-

staju najstrašnije sile na Zemlji: vulkani i zemljotresi. Nemački geolog Vegener (Wegener), vođen očiglednom podudarnošću izgleda kontinenata južne Amerike i Afrike, predložio je hipotezu o kretanju kontinenata, još 1912. godine. Artur Holms (Arthur Holmes) 1930. godine, a potom i Hari Hes (Harry Hess), na osnovu ove teorije izneli su ideju o razmicanju okeanskog dna, koja je dopunila ideju o pomeranju kontinenata. Ove ideje potvrđene su prikupljenim geofizičkim i geološkim podacima tokom 1960-ih godina. Upravo tada oblikovana je konačna i sveobuhvatna hipoteza o tektonici ploča, nazvana „nova globalna tektonika“. Prema ovoj teoriji, litosfera se sastoji od niza fragmenata, koje čine i kontinenti, i koji se lagano kreću u određenim pravcima, relativno malim, ali postojanim brzinama (između 1 i 12 centimetara u toku jedne godine). U ovom procesu, dolazi do sudaranja ploča, pri čemu se u zoni sučeljavanja javljaju dodatni tektonski procesi i njihovi pratioci – zemljotresi i vulkani. U zonama sudara okeanskih i kontinentalnih delova tektonskih ploča, često se okeanska kora (koja je znatno tanja od kontinentalne) podvlači pod kopneni deo zemljine kore i formira tzv. subdukcioni proces.

Teorija tektonike ploča daje odgovore na pitanja o nastanku, mehanizmu funkcionisanja i razvoju planete Zemlje. Posebna grana tektonike koja se bavi proučavanjem recentnih ili mladih tektonskih pokreta i oblika naziva se neotektonika. Na Zemlji postoji sedam velikih ploča: severnoamerička, južnoamerička, afrička, pacifička, evroazijska, australijska i antarktička. Postoji nekoliko načina na koji jedna ploča može doći u kontakt sa drugom, pri čemu nastaje nekoliko tipova granica (margina) ploča. Divergentna granica nastaje kada se ploče kreću jedna od druge, konvergentna je kada se ploče kreću jedna ka drugoj, tj. sudaraju se, a transformni tip granice – kada se jedna ploča smiče pored druge. Pored ovih granica, postoji i kolizija kontinentalnih ploča, kada one grade visoke planinske vence (Slika 19).



Slika 19. Tipovi granica tektonskih ploča; divergentne, konvergentne i transformne
(<https://fitz6.wordpress.com/2015/04/29/wednesday-april-29th-tectonic-plate-boundaries/>)

Vulkanizam

Vulkanizam je zbir pojava izazvanih izlivanjem vrelog materijala i izbacivanjem različitih čvrstih i gasovitih materijala iz unutrašnjosti Zemlje na površinu. Ako se ove pojave dešavaju na dnu okeana i u basenima, to se naziva podmorski vulkanizam. Predstavlja jedan od najvažnijih geoloških procesa u istoriji razvoja i formiranja kore i jednu od najrazornijih prirodnih katastrofa. Za razliku od nekih drugih litosferskih hazarda (klizišta i odroni), koji imaju lokalne karakteristike, vulkanske opasnosti mogu imati globalni uticaj. Nijedan region na Zemlji nije stvoren bez uključivanja vulkanske aktivnosti. Oko 95% gornje litosfere je sastavljeno od magmatskih stena.

Vulkanizam, kao izlivanje usijane mase na površinu Zemlje, često je praćen snažnim eksplozijama, i u čoveku izaziva strah, ali i stalnu želju da sazna nešto više o ovoj pojavi. Danas, na osnovu proučavanja savremenih vulkana ili oblika nastalih delovanjem onih iz geološke prošlosti, naučnici mogu dati odgovore o uzrocima i

mehanizmu vulkanskih erupcija, kao i o područjima na Zemlji na kojima do njih dolazi. Kada pritisak rastopljene stene ispod površine postane prevelik, rastopljene starije stene, često praćene lavom i gasom, izlaze iz pukotina ili otvora u kori. „Vulkan“ je termin koji opisuje pukotine i tipične planinske oblike koji su nastali kao rezultat izlivanja lave, starijih stena i pepela. Više od 80% materijala koji čine Zemljinu koru potiče iz vulkana. U geološkoj istoriji, brojne vulkanske erupcije su formirale morsko dno i neke planinske lance, dok su izduvni gasovi koje emituju vulkani odgovorni za formiranje Zemljine atmosfere. Smatra se da reč „vulkan“ potiče od naziva vulkanskog ostrva *Vulcano* u Italiji. Prvobitno, međutim, sama reč „vulkan“ dolazi od imena boga vatre i kovačkog zanata u rimskoj mitologiji. Deo geologije koji proučava vulkane naziva se vulkanologija. Vulkan uglavnom ukratko definišemo kao završetak dugačke pukotine duž koje lava izbija na površinu. Pri tom, lava se može izliti na kopno – to su subaerski, ili na dno mora ili okeana – i to su submarinski vulkani.

Energija koja se oslobađa u toku erupcije vulkana može se podeliti na sledeći način:

- energija koju oslobađaju vulkanski zemljotresi,
- energija neophodna za lomljenje površinskih stena,
- energija utrošena na izbacivanje materijala, i
- energija utrošena na stvaranje atmosferskog šoka (talasi, i povremeno cunami).

Vulkanski potres i energija zemljotresa mogu se proceniti na sličan način kao i bilo koji drugi događaj zemljotresa. Ove metode merenja energije razmatrane su u delu o magnitudi zemljotresa u poglavlju koje se odnosi na zemljotrese. Zemljotresi magnitude 7 ili više na Rihterovoj skali nastali su velikim eksplozivnim erupcijama i sadrže više od 4×10^{15} džula energije. Energija potrebna za razbijanje jalovine je obično veća od 1×10^{11} džula. Energija koja se troši na izbacivanje materijala sastoji se od kinetičke energije, potencijalne energije i toplotne energije. Ovi termini se mogu izračunati za većinu vulkanskih erupcija i ukazuju na to da vulkanske eksplozije oslobađaju isto toliko energije koliko i veliki nuklearni uređaji – obično 1×10^{15} džula. Energija koja se koristi za stvaranje atmosferskog udarnog talasa može se izraziti na sledeći način:

$$E_s = 1.25 \times 10^{13} \sin \phi 0.5 A t^2$$

Gde je:

E_s energija koju stvara šok talas

$\sin \phi$ udaljenost od izvora eksplozije u stepenima geografske širine

A amplituda talasa u milibarima

t talasni period

Slična jednačina se koristiti za izračunavanje energije sadržane u bilo kom talasu cunamija koji je generisan erupcijom. Ovi udarni talasi zahtevaju utrošak energije veći od 1×10^{15} džula. Ukupno, vulkanske erupcije sadrže energiju veću od 1×10^{16} džula. Neke od većih erupcija, kao što su Krakatau 1883. ili Tambora 1815. godine, sadržale su energiju veću od 1×10^{18} džula. Izračunavanjem količine energije podeljene između ovih različitih procesa, moguće je klasifikovati tip vulkana i njegovu magnitudu. Ovo je od male pomoći u predviđanju vulkanskih događaja, ali se mogu dobiti informacije o vrsti erupcije koja se dogodila. Na primer, eruptivni vulkani troše znatnu energiju u lako merljivim atmosferskim udarnim talasima i cunamiju. Poznavanje ovih vrednosti može se koristiti za procenu ukupne energije vulkana. Pored toga, kontinuo-

irano praćenje potrošnje energije i načina na koji je ona podeljena može se koristiti za predviđanje da li vulkan umire ili raste u aktivnosti.

Vulkanske erupcije su odraz aktivne vulkanske aktivnosti. Odlikuju se izbacivanjem tečnih, čvrstih i gasovitih materija. Tečne supstance su u vidu vruće lave. Čvrstu materiju predstavlja piroklastični materijal koji potiče iz matične stene ili rashladne lave. Raspršeni proizvodi vulkanskih erupcija su: vulkanski pepeo, vulkanski pesak, lapis lazuli i vulkanske bombe. Gasovite materije su uglavnom predstavljene vodenom parom, vodonik-sulfidom, sumpor- dioksidom, ugljen-monoksidom, ugljen-dioksidom, metanom i vodonikom.

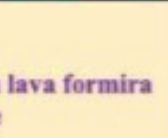
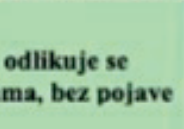
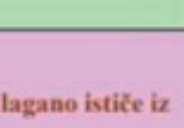
Prema načinu postanka, kao i prema obliku kupe i kratera, vulkane razvrstavamo u tri grupe: Eksplozivni tip – vulkani koji eksplozivno izbacuju lavu, gasove i paru, ali je lava zastupljena u manjoj meri. Izbačeni materijal je raspršen u komade, blokove, pa i prašinu, koji se zajedno sa gasovima sliva (posle eksplozije) niz padine vulkana, formirajući kružni prstenasti bedem oko kratera. Lavični tip – vulkani kod kojih se aktivnost vulkana ogleda pretežno u izlivanju lave, dok su erupcije, odnosno eksplozije odsutne. Ovaj tip vulkana najčešće formira ploče i platoe oko kratera, tako da kupe skoro da ni ne postoje. Ovaj tip vulkana je na Havajima (npr. Mauna Kea). Mešoviti tip ili stratovulkan – tip vulkana kod koga se javljaju i eksplozivni i lavični vid vulkanske aktivnosti. Njegova kupa je zato složenog karaktera: u njenom sastavu se javljaju naizmenično naslagani lava i eksplozivni materijal (Vezuv, Etna).

Na osnovu aktivnosti, vulkani su podeljeni na aktivne, koji i danas imaju erupcije; pritažene, koji su u privremenom mirovanju, odnosno nisu imali erupcije u skorijoj istoriji, i ugasle, koji više nemaju erupcije, odnosno koji su radili u praiistorijskom vremenu Zemlje.

Na osnovu karakteristika erupcije, svi vulkani su grupisani u sedam osnovnih tipova:

1. Strombolski tip (po vulkanu Stromboli u Sredozemlju) se odlikuje ritmičkim kretanjem lave u krateru i ritmičkim obnavljanjem erupcija;
2. Vulkanološki tip (po vulkanu Vulkano u Sredozemlju) odlikuje se jakim erupcijama koje izbacuju na površinu ogromne količine vulkanskog materijala;
3. Havajski tip (po vulkanima na Havajima) odlikuje se mirnim erupcijama, odnosno izlivima bazične lave;

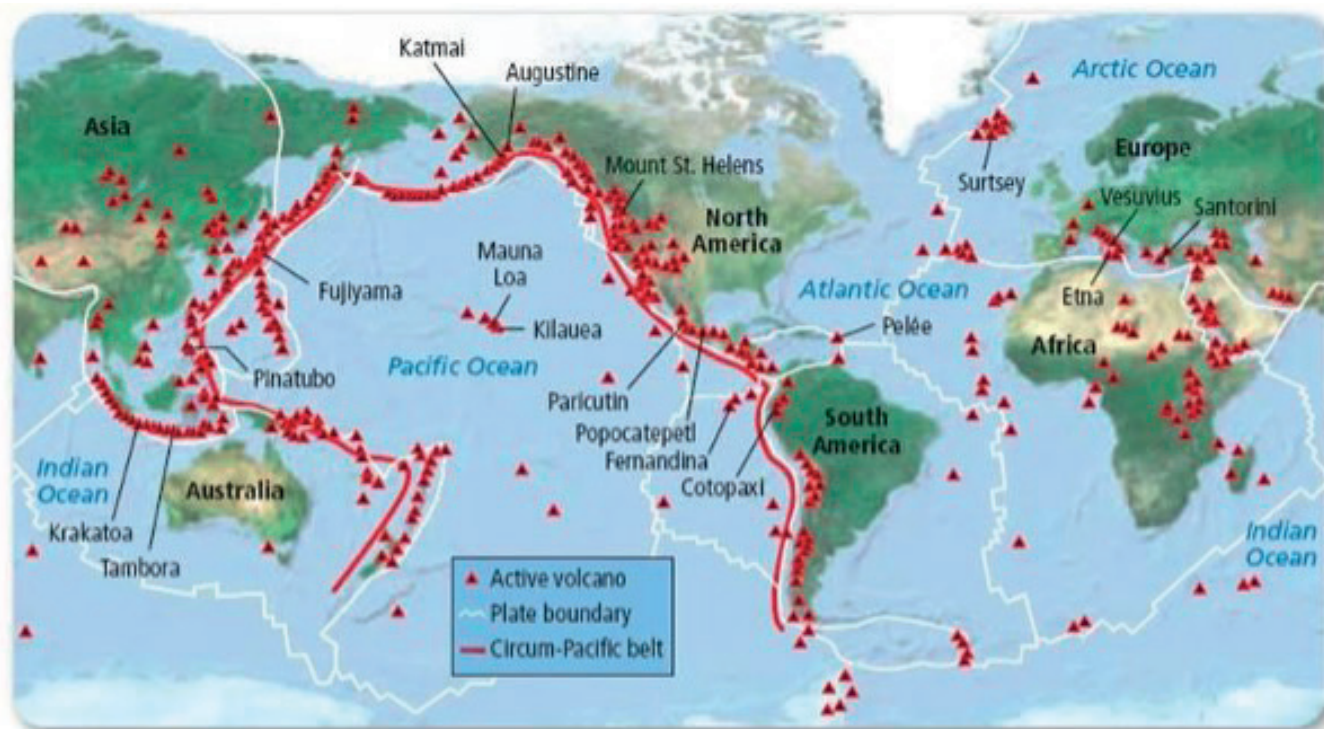
4. Vezuovski tip (po Vezu u Italiji) je složeni tip rada vulkana. Odlikuje se naizmeničnim izlivima lave i eksplozijama koje izbacuju raskomadani vulkanski materijal, stvarajući na taj način složeni tip vulkanske kupe;
5. Pelaški tip (po vulkanu Mon Pele na Karibima) ogleda se u formiranju igličaste stubaste lave, koja se konsoliduje kao stub iznad kratera. Ovaj tip odlikuje se snažnom eksplozijom i pojavom užarenih oblaka pare i gasova iz kojih se zatim konsoliduje stubasto telo na vrhu kratera.
6. Banjdajsanski tip (po vulkanu Banjdajsan u Japanu) odlikuje se izuzetno razornim erupcijama, bez pojave lave (Krakatau 1883).
7. Islandski tip (po Islandskim vulkanima) kada lava lagano ističe iz pukotina (Slika 20).

PODELA VULKANA PO VRSTI ERUPCIJE		
Rb	Tip erupcije vulkanske lave	Slika
1.	Strombolski tip - male, ali česte erupcije 	
2.	Vulkanološki tip - gusta lava formira kratke tokove 	
3.	Havajski tip - kada se lava lagano izliva preko ruba vulkana 	
4.	Vezuovski tip - snažne erupcije nakon dugog perioda mirovanja 	
5.	Pelaški tip - burne erupcije praćene izbacivanjem materijala koji se velikom brzinom kreće niz vulkansku kupu 	
6.	Banjajsanski tip - odlikuje se izuzetno razornim erupcijama, bez pojave lave 	
7.	Islandski tip - kada lava lagano ističe iz pukotina 	

Slika 20. Tipovi vulkana

Na osnovu geografskog rasporeda vulkana na zemlji, uočava se da su oni skoncentrisani u nizovima pravolinijskog i lučnog prostiranja, a ponajviše duž obale Tihog okeana, koji je poznat kao „Vatreni pojas Pacifika”. Pojava vulkana vezana je za zone intenzivnih tektonskih pokreta. Na osnovu ovoga, zaključuje se da se u okviru Tihog okeana nalazi skoro 70% svih aktivnih vulkana na Zemljinoj površini. Broj vulkana na obali

je neverovatnih 320. Pored Vatrenog pojasa Pacifika u oblasti Atlantskog okeana, pravcem sever–jug, duž srednjeokeanskog grebena raspoređeno je oko 70 aktivnih vulkana. Najzad, treću zonu čine oblasti Sredozemnog mora i Alpsko-himalajskog planinskog venca, potom od zapadne Evrope, sve do jugoistočnih krajeva Azije, gde se povezuju sa vulkanima Pacifika (Slika 21)



Slika 21. Glavne vulkanske oblasti u svetu (<http://www.geo.mtu.edu/volcanoes/world.html>)

Vulkanski hazardi

Postoje mnoge opasne pojave koje nastaju direktno, ili kao sekundarni efekti vulkanskih erupcija. Treba naglasiti da postoji tesna veza zemljotresa i cunamija sa vulkanskim erupcijama. Pored ova dva fenomena, moguće je grupisati vulkanske hazarde u šest kategorija na sledeći način:

- tokovi lave;
- izbacivanje otrovnih gasova i oblaci tefre;
- piroklastični tokovi i udarni talasi;
- gasovi i kisele kiše;
- lahari (muljni tokovi); i
- pucanje glečera (*Jökulhlaups*—*islandska reč za topljenje i pucanje lednika*).

Tokovi lave

Na osnovu više od 1000 tokova lave koji su zabeleženi u istoriji, niskoviskozni tokovi imaju srednju dužinu od 4,1 km i prosečnu debljinu od 10 m, dok viskoviskozni tokovi imaju srednju dužinu od 1,3 km i prosečnu debljinu od 100 m. Postoji 1 procenat verovatnoće da će tokovi lave visokog i niskog viskoziteta premašiti 11 km, odnosno 45 km. Najbrže pokretni, najtopliji i najpokretniji tokovi su oni koji nastaju u erupcijama havajskog i islandskog tipa vulkana.

Kretanje lave se odvija prethodno predisponiranim pravcima, a zavisi pre svega od topografije. Upravo zato retko predstavlja pretnju opasnu po život stanovništva, ali materijalne štete mogu biti izuzetno visoke. Tokovi lave mogu izazvati uništavanje ogromne površine pret-

hodno obradivog zemljišta, i može proći dugi niz godina pre nego što ono ponovo postane plodno.

Dok većina dokumentovanih tokova lave retko prelazi 4 km³ zapremine, neki su izazvali impresivnu štetu. Erupcija pukotine Laki 1783–1784. na Islandu zahvatila je 550 km², imala je dužinu od 88 km i ukupnu zapreminu od 12,3 km³. Ova erupcija izazvala je otapanje glečera i poplavljeno je vredno poljoprivredno zemljište. Sumporna isparenja iz lave nedeljama su visila nad selom. „Glad izmaglice“, koja je nastala kao rezultat erupcije, ubila je 20 odsto stanovništva Islanda i zbrisala 50 odsto goveda i 75 odsto ovaca i konja. Sličan primer je erupcija Vezuva. Veliki tokovi koji su se spuštali niz padine stigli su u grad Boskotrekaze (Boskotrecase) u njegovom podnožju 1906. i grad San Sebastiano 1944. Lava sa planine Etna 1669. stigla je do zida feudalnog grada Katanije udaljenog 25 km, prešla preko zidina i polako se kretala kroz grad. Godine 1928, grad Maskali je takođe uništen lavom sa planine Etna. Parikutin u Meksiku je 1946. godine zatrpao 2400 hektara šume i poljoprivrednog zemljišta pre nego što je u potpunosti pokrio grad San Huan Parangarikutiro (San Huan Parangaricutiro), 5 km udaljen od grotla. U januaru 2002. lava iz vulkana Njiragongo (Nyiragongo) u Demokratskoj Republici Kongo zatrpala je grad Goma lavom debljine 1,5 m i prisilila preko 500 000 ljudi da pobegnu da bi spasili svoje živote.

Najlakši način da se zaustavi kretanje lave je da se poboljšaju procesi koji ga usporavaju. Konstrukcija barijera je takođe korišćena za preusmeravanje tokova ili dobijanje na vremenu za evakuaciju. Većina tokova lave će se nagomilati iza najslabije prepreke, a zatim je jednostavno preći. Barijere ne bi trebalo da se koriste za zaustavljanje toka, već jednostavno za njegovo preusmeravanje. Pošto tokovi lave mogu da postanu veoma viskozni dok se hlade (106 puta viskoziji od vode), oni mogu preći samo preko veoma niskih prepreka. Prema tome, mogu se uspešno preusmeriti postavljanjem barijera dijagonalno na njihovim putevima, sve dok teku nizbrdo. Prepreke se takođe moraju sastojati od gušćeg materijala od lave, moraju biti pričvršćene za tlo ili biti tri puta šire u svojoj osnovi od same debljine toka. Manje gust materijal će jednostavno biti pokrenut lavom i odnesen. Ako barijere samo preusmeravaju tok, uvek postoji problem pronalaženja bezbednog puta za skretanje koji ne utiče na tuđu imovinu ili život.

Izbacivanje otrovnih gasova i oblaci tefre

Sastav vulkanskih gasova je različit, ali oni uvek sadrže one supstance koje su opasne po zdravlje ljudi i životinja. Vodena para čini do 70% vulkanskih gasova, kao i ugljen-dioksid, ugljen-monoksid, hlorovodonik, sumpor-dioksid, fluorovodonik, i male količine metana, amonijaka itd. Pošto su teži od vazduha, ovi gasovi se teže kreću i zadržavaju pri tlu, u depresijama na površini terena. Godine 1986. došlo je do ogromnog curenja ugljen-dioksida iz jezera kratera u Kamerunu, centralna Afrika. U blizini jezera, ljudi su prijavili povišenu temperaturu vazduha, da jezero zaudara na pokvarena jaja ili barut, i brzo su izgubili svest. Gas, teži od vazduha, potekao je u dolinu reke, ugušivši najmanje 1.700 ljudi i hiljade grla stoke.

Erupcija Vezuva 1944. godine ilustruje još jednu veliku opasnost od vulkanskih erupcija – vulkanske bombe. U to vreme saveznički ratni naponi u toj oblasti bili su ozbiljno ometeni bombardovanjem aerodroma, ne od strane Nemaca, već usled tečnih komada lave koje je izbacio vulkan. Sve erupcije strombolskog vulkanskog tipa izbacuju pepeo na visine veće od 30 km. Veći komadi se sastoje od komada tečne magme veličine i blokova zidova vulkana – vulkanske bombe. Izmerene brzine kojim su bombe izbačene su u opsegu 75–200 m/s. Udaljenosti na kojima su izbačeni materijali retko prelaze 5 km, iako su zabeleženi komadi težine 8–30 tona izbačeni na udaljenosti od 1 km ili više. Ove krhotine su vruće, neretko brojne i masivne, i padaju na malu površinu. Takođe, mogu biti izuzetno destruktivne. Gustina projektila značajno varira, tako da je kinetička energija udara širokog opsega. Veće bombe kada udare u zemlju mogu da se ponašaju tačno kao projektili koje je napravio čovek i eksplodiraju jednako kao bomba. Panoramske fotografije pejzaža podložnih kontinuiranom bombardovanju projektilima izgledaju baš kao scene ratnog bombardovanja.

Izbacivanje pepela u toku piroklastičnih erupcija ugrožava živote ljudi, životinja, komunikaciju i evakuaciju, ali utiče i na uništenje ekosistema. Prema tome, tanak sloj pepela koji pokiva predeo koji okružuje vulkan oštećuje vegetaciju, ali teže čestice mogu da zatrpaju obradivo zemljište. Do trajnog oštećenja ili sušenja vegetacije dolazi kada pepeo sadrži velike koncentracije gasova fluorida i sumpor-dioksida. Vulkanski pepeo može dovesti do prekida ekonomske aktivnosti, jer prekriva skoro sve, uvlači se u većinu pukotina i visoko je abrazivan. Pepeo koji je prisutan u vazduhu može izazvati privremeno pomračenje i smanjiti vidljivost.

Izbacivanje tefre ili pepela je veoma destruktivan događaj. Erupcija planine Hekla na Islandu 1947. izbacila je 100 000 m³/s materijala, a pepeo je pokrio čak i delove Finske, dva dana kasnije. Tefra može da se izdiže brzinom od 8–30 m/s, sa brzinom spuštanja od 20–100 km/h. Dok se veliki deo ove prašine taloži lokalno, fini materijal veličine < 0,01 mm može se popeti na visine veće od 27 000 m u stratosferu. Vreme koje čestice mogu provesti na ovim visinama je više od 2 godine. Erupcija vulkana Tambore u Indoneziji 5–10. aprila 1815. je najveća zabeležena erupcija tefre. Vulkan je izbacio 151 km³ materijala u atmosferu kao fini pepeo, koji je bio odgovoran za snižavanje površinske temperature Zemlje za 0,5–1,0°C. Vulkanska prašina vrši dramatičnu kontrolu nad temperaturom Zemlje, pri čemu su mnoge promene temperature tokom poslednja tri veka u dobroj korelaciji sa fluktuacijama u proizvodnji vulkanske prašine.

Područje pokriveno naslagama tefre može biti veliko jer velika količina tefre se taloži iz atmosferske suspenzije na maloj udaljenosti od vulkana. Sitni pepeo koji se taložio nakon erupcije Krakataua 1883. pokrivao je površinu od 800 000 km². Ovaj vulkanski materijal može biti izuzetno plodan kada se jednom ugradi u tlo kao fina prašina; međutim, može imati ozbiljne posledice po životnu sredinu. Mali broj smrtnih slučajeva povezanih sa vulkanskim erupcijama može se pripisati direktno ispadanju pepela, međutim, pepeo na 70–80 km od Krakataua je još uvek bio dovoljno vruć da spali odeću i vegetaciju. Tefra takođe može da sadrži toksična jedinjenja fluora, koja su otrovna za životinje koje jedu kontaminiranu stočnu hranu. „Glad iz izmaglice“ 1784. na Islandu i smrt od gladi 80 000 ljudi nakon erupcije Tambore 1815. mogu se pripisati uništavanju vegetacije tefrom. Staklena tefra sa planine Svete Helene 1980. godine imala je ozbiljan uticaj na uslove na putevima i na motorna vozila.

Tefra iz erupcije vulkana Galunggung u zapadnoj Javi 1982. zamalo je srušila, u odvojenim incidentima, dva putnička aviona 747 koji su leteli za Australiju. Na početku, vulkanska erupcija nije primećena niti prijavljena vazduhoplovnim vlastima. Prvi pogođeni avion bio je „Britiš ervejz“, koji je leteo između Singapura i Australije, kada je ušao u oblak pepela na 11 300 m. Sva četiri motora su se isključila, jedan za drugim, šaljući avion u 13-minutno tiho spuštanje, kroz 7300 m, pre nego što je pilot mogao da pokrene tri motora. Udar pepela toliko je izgrebao vetrobran kabine da je pilot morao da spusti avion gledajući kroz bočni prozor. Dve nedelje ka-

snije, avion „Singapur erlajnsa“ koji je leteo istom rutom zalutao je u drugi oblak pepela i pao 2500 m pre nego što je pilot povratio kontrolu. Tek nakon ovog drugog incidenta izdato je upozorenje da avioni izbegavaju to područje. Od tada je više od 80 komercijalnih aviona uletelo u oblake vulkanskog pepela. Planina Pinatubo je 1991. oštetila 20 komercijalnih aviona u tranzitu i dovela do štete od 100 miliona dolara.

Piroklastični tokovi i udarni talasi

Piroklastični tok je brzi tok toplog gasa i stene (oko 1000 stepeni), koji može dostići brzinu i veću od 700 km/h. Ovaj tok se obično kreće niz padinu ili se širi lateralno, pod dejstvom gravitacije. Njegova brzina zavisi od gustine toka, brzine izbacivanja piroklastičnog materijala iz vulkana i nagiba padine. Mogu biti inicirani kolapsom vulkanske kupole, kolapsom kaldere, kolapsom eruptivnog stuba i trenutnim kolapsom bez formiranja eruptivnog stuba.

U erupciji vulkana Bandai 1888. godine, vulkanska kupa visoka 300 m u eksploziji je usitnjena i pretvorena u lavinu krhotina. Eksplozivni talas dostiže brzinu veću od 150 km/h, a prašina je toliko korozivna da može izgrebati (peskariti) sve što joj se nađe na putu. Bazalni talas može biti praćen piroklastičnim tokom. Erupcija planine Sveta Helena je pratila dobar primer ovakvog događaja. U piroklastičnom toku, fine čestice su suspendovane i transportovane turbulentnim vrtlozima gasa. Dok se pojavljuju kao oblaci pepela koji guše, čestice su tako široko raspoređene da se retko sudaraju. Kako ovi turbulentni vrtlozi prolaze preko tačke, oni mogu taložiti naizmenično slojeve grubog i finog sedimenta, dok brzina struje raste i smanjuje se na sličan način kao naleti vetra. Destruktivna sila strujanja može tako da varira na kratkim udaljenostima. Piroklastični tok Vezuva iz 79. godine nove ere je dobar primer ovog vulkanskog hazarda. Piroklastični tokovi se, takođe, nazivaju „svetleće lavine“, zbog prisustva zagrejanih ostataka lave unutar toka. Eksplozija planine Sveta Helena je proizvela tok sa temperaturom oko 3500°C u blizini izvora i 50–200°C u blizini ivica. Temperature u piroklastičnom toku sa planine Pelee iz 1902. godine bile su čak 1075°C, što dokazuju ostaci delimično otopljenih zlatnika i staklenih boca. Piroklastični tok Vezuva iz 79. godine nove ere bio je dovoljno vruć da na nekim mestima karbonizuje drvo. Naslage iz piroklastičnih tokova mogu ostati vruće tokom dužeg vremenskog perioda. Piroklastični tokovi su veoma smrtonosni, zbog svoje temperature i brzine kojom se kreću.

Toksični gasovi i kisele kiše

U proseku, eksplozivni vulkani godišnje izbacuju 4×10^6 tona sumpor-dioksida u atmosferu. Ova količina se menja iz godine u godinu. Na primer, erupcija planine Pinatubo 15. juna 1991. oslobodila je 20×10^6 tona sumpor-dioksida u periodu od nekoliko nedelja. Što je erupcija eksplozivnija, to je veća količina oslobođenog gasa. Pasivno, bez erupcije, vulkani ispuštaju godišnje još 9×10^6 tona sumpor-dioksida. Emisije ugljen-monoksida su opasnije, toksične su, i u malim količinama, za sisare i inhibiraju proces razmene gasova u listovima biljaka. Vulkani mogu da proizvedu velike količine CO_2 (20–95 % ispuštanja gasa) koji, budući da je gušći od vazduha, može da se nakuplja u depresijama i da uguši stoku. Dana 21. avgusta 1986, ugljen dioksid, plus sumpor-dioksid i cijanid, oslobođeni su usled pokretanja klizišta u sedimentima jezera Nios, uspavanog vulkanskog kratera u Kamerunu, Afrika. Oblaci smrtonosnih gasova, koji su dostizali koncentraciju od 20–30 % CO_2 , pokrili su tlo i pod gravitacijom se slivali u niže predele, ubijajući sav životinjski svet na svom putu. Preko 1700 ljudi umrlo je u roku od nekoliko minuta, dok je 10 000 preživelih zadobilo opekotine na koži. Ispuštanje gasa u susjednom jezeru Monun, u Kamerunu, ubilo je 37 osoba 1984. godine, dok je slična katastrofa na visoravni Dieng na Javi 1978. godine ubila 180 osoba. Mnogi gasovi reaguju sa vodenom parom na visokim temperaturama u toku vulkanskih erupcija i formiraju hlorovodoničnu, sumpornu, ugljeničnu i fluorovodoničnu kiselinu. Vulkani koji pasivno otpuštaju gas godišnje ispuštaju u atmosferu 0,05–4,7 miliona tona fluora i 0,3–10 miliona tona hlora u obliku fluorovodonične i hlorovodonične kiseline. Islandске erupcije su ozloglašene, jer sadrže visoke koncentracije fluora. Sadržaj fluorovodonične kiseline u erupciji Hekla na Islandu 1970. dostigao je 1700 ppm. Značajne erupcije koje sadrže velike količine HCl bile su Agung, Bali (1,5 miliona tona), 1963. godine; Avgustin, Aljaska (525 000 tona), 1976; Soufriere, Gvadalupe (La Grande Soufrière, Guadeloupe) (1 milion tona), 1979; i planina Erebus na Antarktiku (370 000 tona), 1983. U troposferi, kiselina se može istaložiti iz atmosfere kondenzacijom, očistiti pepelom ili rastvoriti.

U proseku, eksplozivni vulkani godišnje izbacuju 4×10^6 tona sumpor-dioksida u atmosferu. Ova količina je veoma promenljiva iz godine u godinu. Na primer, erupcija planine Pinatubo od 15. juna 1991. godine oslobodila je 20×10^6 tona sumpor-dioksida u periodu od nekoliko nedelja. Što je erupcija eksplozivnija, to je veća količina oslobođenog gasa. Pasivno, bez erupcija,

„gasni” vulkani koji otpuštaju gas, godišnje izbacuju još 9×10^6 tona sumpor-dioksida. Emisije ugljen-monoksida su opasnije, toksične su za sisare u malim količinama i inhibiraju proces disanja kod biljaka. Vulkani mogu da proizvedu velike količine CO_2 (20–95 % ukupnog ispuštenog gasa) koji, budući da je gušći od vazduha, može da se nakuplja u depresijama i da uguši stoku.

Erupcija Katmai 1912. godine stvorila je kišu sumporne kiseline koja je oštetila odeću ostavljenu da se suši u Vankuveru, 2000 km južno. Erupcija Laki, Island, 1783–1784. godine ispunila je nebo iznad većeg dela severnog Atlantika, zapadne Evroazije i Arktika suvom sumpornom maglom koja je dovela do hladne zime. Eksplozivne erupcije takođe mogu izbaciti hlor u obliku HCl direktno u stratosferu, gde može da reaguje sa ozonom. Erupcije vulkana Tambora 1815. i Krakatau 1883. bile su eksplozivne erupcije, i izbacile najmanje 2,1, odnosno 3,6 miliona tona hlora kao HCl. Erupcija El Čičona u Meksiku 1982. godine oslobodila je 40 000 tona HCl u stratosferu, između 20 i 40° severne širine.

Lahari ili vulkanski blatnjavi tokovi

Jedna od neobičnijih, iako još opasnijih pojava koje proizvode vulkani su lahari, ili blatnjavi tokovi, koji se mogu javiti u vreme erupcije (primarni lahari) ili nekoliko godina nakon toga (sekundarni lahari). Oko 5,6 % vulkanskih erupcija u poslednjih 10 000 godina je u nekom trenutku proizvelo lahare. Primarni lahari mogu nastati u piroklastičnim tokovima ili erupcijama kraterskih jezera. U prvom slučaju, piroklastičan tok može preuzeti vlagu iz potoka i reka dok se kreće niz padine. U tom procesu, tok bogat gasom se polako pretvara u brzo pokretni, zagrejani tok blata, jer se više vode, vlage uvlači u mešavinu. Lahari reke Toutle sa planine Sveta Helena 1980. godine upravo su imali ovakvo poreklo. Vulkani sa kraterskim jezerima mogu stvoriti lahare u vreme bilo koje erupcije, ako je kratersko jezero pod pritiskom i eksplodiralo. Veličina blatnjavog toka je tada direktno povezana sa zapreminom vode u jezeru. Erupcija planine Kelat na Javi 1919. godine izbacila je vodu iz kraterskog jezera, pokrivajući 200 km^2 poljoprivrednog zemljišta i ubila preko 5000 ljudi. Nakon tog događaja načinjeni su pokušaji da se situacija u Kelatu kontroliše bušenjem tunela kroz zidove kratera kako bi se nivo jezera spustio. Prvi pokušaj bio je 1929. godine, kada su holandski inženjeri smanjili zapreminu jezera sa 21 na 1 milion m^3 . Naknadna erupcija 1951. godine blokirala je izgrađene tunele, a čak i nakon popravke, erupcija 1966. godine izazvala je lahare koji su odneli stotine života.

Indonežanski inženjeri su od tada zamenili tunele i potpuno isušili jezero, kako bi pretnju od budućih lahara sveli na minimum.

Sekundarni lahari nastaju kada kiša koja pada na sveže nataloženu, rastresitu tefru pokrene blatnjavi tok. Takav materijal, natopljen vodom, veoma je nestabilan i može se kretati niz padinu kao mulj koji povlači na svom putu. Ako kiseline nisu izlučene iz tefre, onda lahari mogu postati dovoljno kiseli da izazovu ozbiljne opekotine. Sekundarni lahari nakon erupcije planine Pinatubo na Filipinima u junu 1991. godine ostavili su više od 50 000 ljudi bez krova nad glavom i poremetili život 1 400 000 ljudi u 39 gradova i četiri velika grada na jednom području. Pošto su lahari ograničeni na planinske padine, mogu se unapred predvideti. Nagomilavanje tefre na obroncima vulkana može se lako izmeriti, tako da se mogu preduzeti koraci za evakuaciju ljudi u ugroženim područjima. Nakon erupcije vulkana Usu 1977. godine u Japanu, izračunato je da bi naslage tefre deblje od 0,5 m, na padinama dužim od 300 m i strmijim od 17–18°

zahtevale samo 20 mm kiše pri brzini od 10 mm/hr kako bi pokrenule lahare.

Topljenje lednika (Jökulhlaups) i pokretanje lavina

Usled vulkanskih erupcija, može nastati i pokretanje lavina na padinama. Posebnu opasnost tokom vulkanske erupcije predstavlja otapanje glečera ili snežnih polja usijanom lavom ili gasovima. Voda iz otopljenih lednika se može zagrejati i pomešati sa ostacima blata, i na taj način se formira vrući lahar. Ovi događaji se nazivaju *jökulhlaups*, što je islandska reč koja znači „pucanje glečera“. Jökulhlaups su ograničeni uglavnom na Island i Ande; međutim, mogu se javiti na drugim mestima. Na primer, lahari na planini Sveta Helena su verovatno pogoršani topljenjem snega i leda usled vrućih gasova. U novembru 1985. godine, više od 20 000 ljudi je poginulo usled pucanja glečera i stvaranja blatnjavih potoka tokom erupcije vulkana Nevado del Ruiz u Kolumbiji.

Prognoze i utvrđivanje rizika od vulkanske aktivnosti

Vulkanolozi pokušavaju da predvide vulkanske erupcije, ali se pokazalo da je to skoro jednako teško kao predviđanje zemljotresa. Mnogi dokazi mogu značiti da će vulkan uskoro eruptirati, ali je teško odrediti vreme i veličinu erupcije. Ovi dokazi uključuju istoriju prethodnih vulkanskih aktivnosti, zemljotrese, deformacije padina i emisije gasova.

Istorija vulkana – koliko je vremena prošlo od njegove poslednje erupcije i vremenski raspon između prethodnih erupcija, dobar je prvi korak ka predviđanju erupcija. Ako se vulkan smatra aktivnim, on trenutno eruptira ili pokazuje znake erupcije uskoro. Neaktivni vulkan znači da trenutno nema aktivnosti, ali je nedavno eruptirao. Konačno, ugašeni vulkan znači da nema aktivnosti i da verovatno neće ponovo eruptirati. Aktivni i neaktivni vulkani se intenzivno prate, posebno u naseljenim područjima. Pored toga, geolozi ispituju delove nataloženih slojeva tefre i tokove lave. Karakteristike naslaga stvorenih u toku različitih tipova erupcija ukazuju na ponašanje vulkana u prošlosti. Ove informacije se zatim kombinuju sa znanjem o ostalim karakteristikama vulkana, terena, kako bi se stvorile vulkanske mape rizika. Mape mogu koristiti drugi naučnici i javni

zvaničnici u cilju stvaranja plana evakuacije i izrade mitigacione strategije.

Pored ovih, vulkanolozi vrše seizmička istraživanja, posmatraju promene u magnetnom polju, koncentraciju izbačenih gasova, promene u toplotnim strujama, kako bi pravovremeno predvideli erupciju vulkana.

Seizmička istraživanja i posmatranja imaju veliki značaj za utvrđivanje lokacije magme, kao porasta seizmičkih aktivnosti vezanih za vulkansku erupciju. Dubine ovih zemljotresa menjaju se tokom vremena, pa se na taj način može pratiti i kretanje magme. Magma koja se kreće prema površini izaziva potrese, tako da se broj i veličina zemljotresa povećavaju pre erupcije. Vulkan koji će uskoro eruptirati može izazvati niz zemljotresa. Naučnici koriste seizmografe koji beleže dužinu i snagu svakog zemljotresa kako bi pokušali da utvrde da li je erupcija neminovna. Magma i gas mogu čak izazvati izdizanje padine vulkana. Većina deformacija tla je suptilna i mogu se otkriti samo pomoću nagibnog metra, instrumenta koji meri veoma male promene vertikalnog nivoa.

Promene u magnetnom polju se očitavaju usled postojanja magnetičnih minerala u stenama. Na odre-

denoj temperaturi, magnetni minerali ne pokazuju magnetizam. Međutim, ako temperatura poraste iznad 500°C, magnetno polje iznad vulkana se menja. Pored toga, merenjem promena u magnetnom polju može se pratiti kretanje i aktivnost magme.

Jedan od sigurnih znakova potencijalne vulkanske erupcije je i deformacija tla. Naučnici prate promene izazvane kretanjem magme kroz vertikalne, horizontalne i kose deformacije tla. Posmatranjem vodostaja izvora i njegove temperature, kao i pH vrednosti, mogu se odrediti neki pokazatelji ponašanja vulkanskog sistema. Promene toplotnog toka znače povećanje temperature vode usled blizine površine terena magme. Iako ove promene mogu biti male, nadgledaju ih infracrveni daljinski senzori. Svaka promena se beleži i u zavisnosti od njenog intenziteta izdaju se upozorenja.

Svetska organizacija vulkanskih opservatorija (WOVO) osnovana je 1981. godine u Gvadelupeu. Cilj organizacije je lakše sprovođenje monitoringa vulkana, kao brže i bolje razmene informacija. Ona je naredne godine prerasla u Međunarodnu asocijaciju vulkanologije i hemije od strane komisije za Zemljinu unutrašnjost.

Glavni ciljevi Svetske organizacije vulkanskih opservatorija su:

- 1) da promoviše saradnju među naučnicima i opservatorijama, da uspostavi i poboljša veze između opservatorija i institucija koje se direktno bave praćenjem vulkana;
- 2) da kroz organizaciju konferencija, publikovanje časopisa i stvaranjem e-mail mreža omogući lakšu razmenu mišljenja i iskustava u praćenju vulkana;
- 3) modernizacija opreme, mernih instrumenata i obuka osoblja;
- 4) tehnička pomoć opservatorijama u zemljama u razvoju i osnivanje WOVO fonda; 5) uspostavljanje međunarodnih usluga i poboljšavanje finansiranja međunarodnih organizacija.

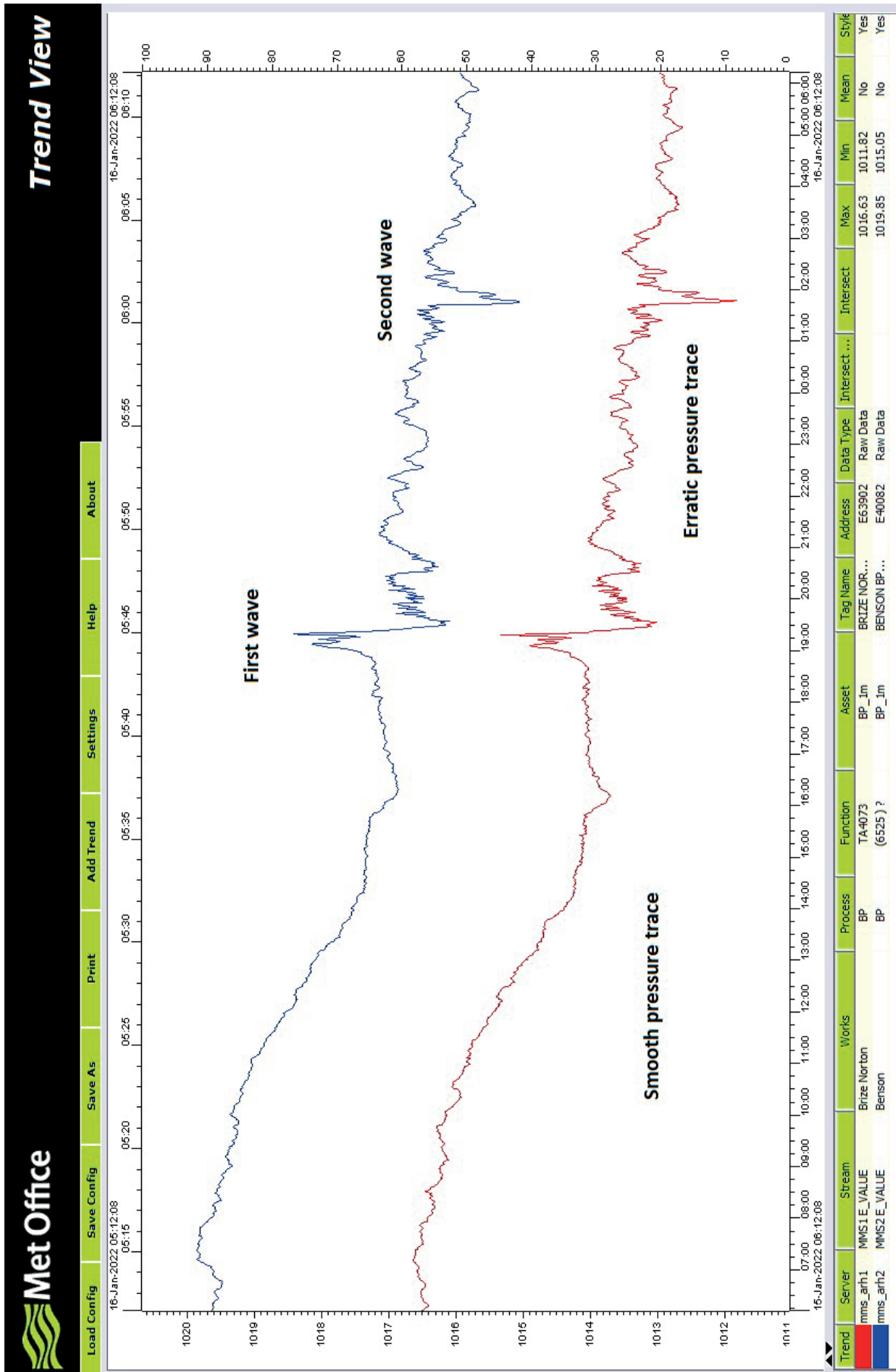
Sve navedene aktivnosti imaju zajednički cilj – predviđanje vremena nastanka vulkanske erupcije i izdavanje blagovremenih upozorenja. Pri tome, u istoriji se često dešavalo da do vulkanske erupcije dođe bez prethodno jasno uočljivih pokazatelja, a zbog toga su posledice često bile katastrofalne. Zbog toga, daleko više se razrađuju operativne mere. One se primenjuju tokom

i nakon vulkanskih erupcija, a imaju za cilj smanjenje negativnih posledica ove prirodne nepogode.

Najveće vulkanske katastrofe u zabeleženoj istoriji čovečanstva su:

1. Vezuv kod Napulja (79. godine) – 20.000 stanovnika Pompeje i Herkulanuma ostalo zatrpano vrelinim blatom i otrovano gasovima;
2. Etna na Siciliji (1669. godine) – razorio grad Katani-ju i izazvao smrt 20.000 ljudi;
3. Laki na Islandu (1783. godine) – 20 % stanovništva Islanda (10.000) je izgubilo život ili kao posledica erupcije ili zbog gladi nakon toga. Usled izbacivanja gasa i nedostatka hrane uginulo je oko 75% ko-nja i ovaca, 50 % goveda;
4. Tamboro na Sumatri (1815. godine) – erupcija ovog vulkana je odgovorna za smrt 117.000 ljudi. Oko 10 % je poginulo usled erupcije, a 90 % usled naknad-nih uticaja.
5. Krakatau u Sundskom arhipelagu (1883. godine) – pepelom pokrivena površina od 827 km, a naknad-nim cunamijem usmrćeno 36.000 ljudi.
6. Mon Pele na Martiniku (1902. godine) – oblak uža-renog gasa i pepela usmrtio 34.000 ljudi, samu erupciju preživela su samo 2 stanovnika, od ukup-no 30.000 koloko ih je živelo u blizini vulkana;
7. Pinatubo (1991. godine) na ostrvu Luzon – nastra-dalo 7.000 stanovnika;
8. Ejafjalajokul (2010. godine) na Islandu – stvo-rio oblak pepela koji je prekrrio Evropu i paralisao avio-saobraćaj, nanevši ogromne ekonomske šte-te.

Snažna vulkanska erupcija u Kraljevini Tonga 15. januara 2022. bila je toliko nasilna da nije samo uništila ostrvsku državu već su se njeni uticaji osetili širom sve-ta. Cunami se proširio preko Pacifika za nekoliko sati, a talasi su pogodili Australiju, Novi Zeland i Japan, kao i zapadne obale Severne i Južne Amerike. Zvučni udar čuo se daleko, čak na Aljasci i u Kanadi. Interesantno je da su barometri širom sveta zabeležili kratkotrajne promene vazdušnog pritiska usled atmosferskih udarnih talasa koji su se širili oko planete (Slika 22). Naša atmosfera se ponaša kao tečnost, kao kada bacimo kamenčić u mirno jezerce i vidimo talase koji se koncentrično šire.



Slika 22. Kratkotrajne promene vazdušnog pritiska izazvane udarnim talasom nakon erupcije vulkana na ostrvu Tonga
(<https://www.metoffice.gov.uk/>)

Zemljotresi (Potresi ili trusovi) su iznenadna i kratkotrajna podrhtavanja Zemljine površine (tla) prouzrokovana poremećajima i pokretima u Zemljinoj kori i litosferi, a zbivaju se oko granica ploča na mestima raseda. Na mestima dodira ploča dolazi do potresa i nastajanja vulkana. Manifestuju se kretanjem topografske površine u obliku vertikalnih udara ili u vidu talasastog gibanja. Zemljotresi ulaze u red najstrašnijih prirodnih katastrofa koje se dešavaju na Zemljinoj površini, zbog čega su još od iskona privlačili pažnju ljudskog roda. Usled toga, podatke o zemljotresima nalazimo u zapisima starim više hiljada godina. Nasuprot rasprostranjenom uverenju da su to retke pojave, oni se dešavaju vrlo često, ali njihov najveći broj je slabog intenziteta i javlja se na relativno malim površinama kopnenih prostora ili okeanskog dna. Intenzivnije proučavanje zemljotresa počinje tek u 19. i 20. veku.

Osnovni uzroci nastanka zemljotresa vezani su za tektonske, odnosno geodinamičke procese sučeljavanja (sudaranja) kontinenata. Mogu biti prouzrokovani: ubiranjem i rasedanjem Zemljine kore, tj. kretanjem tektonskih ploča (tektonski), vulkanskim pojavama (vulkanski), urušavanjem velikih stenskih masa u površinskim delovima Zemljine kore (urniski) itd. Tektonski zemljotresi su najčešći (oko 90% svih zemljotresa) i izazivaju krupne morfološke posledice u reljefu Zemlje sa katastrofalnim posledicama. Na primer, na širem području Sredozemnog mora (posebno na njegovoj severnoj ivici) sučeljavaju se evropska i afrička megaploča ili kontinenti. Usled ovih procesa, u trenutku kada dostignuti nivo naprezanja premaši čvrstoću stenske mase, u zoni konfrontacije nastaje ogromno polje napona u steni, što dovodi do loma stene u oslabljenoj zoni. Pucanjem stena se oslobađa mnogo seizmičke energije u vidu seizmičkih talasa, pukotina (raseda) u steni, i nuspojava na površini Zemlje (naročito kod jakih zemljotresa) – rušenja, klizišta, cunamija na moru itd.

U proteklih 20 godina, istraživanja su bila posvećena praćenju delova litosfere u kojima se javlja seizmička aktivnost sa namerom da se predvide – nekoliko dana ili meseci unapred – veliki i eventualno destruktivni događaji. U isto vreme, planetarne studije su dovele do spekulacija da grupisanje zemljotresa ili vulkanskih događaja tokom vremena nije slučajno, već da ima tendenciju da bude ciklično. Ovo saznanje moglo bi dovesti do predviđanja ovih opasnosti decenijama unapred.

Za potrebe predviđanja pojave zemljotresa naučnici su posmatrali arheološke dokaze na iskopinama koji bi mogli na najbolji način da pomognu u preciziranju vremenskih

granica prošlih seizmičkih događaja. U poslednjih 12 000 godina utvrđene su promene u stilovima, tipovima artefakata, kultivaciji, pa i samoj izgradnji objekata u nekim predelima Sjedinjenih Američkih Država. Pojava velikih zemljotresa širom Bliskog istoka u proteklih nekoliko hiljada godina zabeležena je u grčkim, hebrejskim, asirskim, rimskim, vizantijskim i islamskim pisanim dokumentima. Posmatranje raseda, karakteristike deformacije sedimenata, klizišta, poremećeni slojevi sedimenata u jezerima i uništavanje drevnih ljudskih građevina, pružaju detaljan uvid u dugotrajnu istoriju učestalosti ovih događaja u prošlosti. Na taj način, lakše može da se predvidi pojava zemljotresa u budućnosti, iako ovaj tip predviđanja još uvek nije dovoljno razvijen. Sa druge strane, ovi zapisi pružaju informacije o prosečnom vremenu između pojave dva ekstremna događaja, iako krajnji rezultat može biti potpuno suprotan od inicijalne pretpostavke. Primer za ovu pojavu je rased u Mrtvom moru, za koji se smatralo da je neaktivan, dok se pre par godina nije utvrdilo da je aktivan i da može da izazove zemljotrese magnitude 7 prema Rihterovoj skali.

Mesto u Zemljinoj kori gde se zemljotres dešava naziva se hipocentar (obično na dubini od 10 do 60 kilometara). Zemljina površina iznad epicentra, gde je zemljotres najintenzivniji, naziva se epicentar. U blizini epicentra dominira vertikalno kretanje terena, koji postaje sve valovitiji kako se udaljavate od epicentra. Glavni udar epicentralnog zemljotresa traje 15 do 30 sekundi, a udaljavanje od epicentra povećava njegovo trajanje. U samom procesu zemljotresa nastaje više vrsta talasa. Osnovna su dva tipa talasa: površinski talasi – seizmički talasi koji putuju po Zemljinoj površini iz epicentra (kao vodeni talasi kad se baci kamenčić u vodu); dubinski talasi (body waves) – seizmički talasi koji putuju kroz Zemljinu unutrašnjost šireći se iz epicentra u svim pravcima (poput zvučnih talasa u vazduhu). Dakle, dubinski seizmički talasi se, prema načinu na koji se prostiru kroz Zemljinu unutrašnjost, dele na longitudinalne (ili *undae primae*), transversalne (ili *undae secundae*) i površinske talase. Prilikom prostiranja longitudinalnih talasa, čestice sredine osciluju u pravcu kretanja talasa. Drugačije se nazivaju i P-talasi, ili *undae primae*, zbog toga što prvi stižu do seizmoloških stanica. Čestice litosfere, prilikom prostiranja transversalnih talasa, osciluju normalno na pravac prostiranja talasa. Nazivaju se i S-talasi, ili *undae secundae*, zbog toga što oni u seizmološke stanice dolaze posle longitudinalnih talasa. Seizmički talasi se na seizmogramu razlikuju po tome što transversalni talasi uvek kasne za longitudinalnim. Razlog ovome je što se P-talasi prostiru kroz sredine svih agregatnih stanja, dok se S-talasi ne prostiru kroz jezgro i omotač jezgra Zemlje.

Zemljotresi se prema poreklu dele na prirodne i veštačke. U prirodne zemljotrese spadaju oni koji nastaju usled pomeranja tektonskih ploča i blokova i nazivaju se tektonski. Oni predstavljaju najdominantniju vrstu zemljotresa i veoma su izraženi na prostoru Srbije. Drugoj grupi pripadaju zemljotresi koji nastaju usled urušavanja podzemnih pećina i prostorija i nazivaju se urvinski. Oni predstavljaju oko 3% svih zemljotresa u toku godine. Zemljotresi koji nastaju kao posledica rada vulkana su vulkanski. Oni predstavljaju oko 7% svih zemljotresa u toku godine koji se javljaju na planeti. Veštački zemljotresi nastaju kao posledica čovekovog dejstva na prirodu. Ovakva vrsta zemljotresa može nastati kao posledica brzog punjenja akumulacionih jezera (tzv. indukovani zemljotresi), ekstrakcijom prirodnog gasa, posle jakih eksplozija, kao i upumpavanjem otpadnih voda u duboke bunare koji su izgrađeni radi skladištenja.

Rušilački efekat zemljotresa na površini Zemlje pokazuje se intenzitetom. Izražava se u različitim skalama a u Evropi se primenjuju Medvedev–Sponheuer–Karnik skale (MSK-64) i Merkalijska skala od 12 stepeni. Intenzitet potresa u epicentru označava se sa I_0 , a na bilo kojem drugom mestu sa I_m . Linije koje spajaju sva mesta jednakog intenziteta potresa zovu se izoseiste. Količine oslobođene energije u hipocentru označava se magnitudom zemljotresa. Izražava se magnitudnom skalom Rihtera koja ima 9 stepeni (Slika 42). Na osnovu količine oslobođene energije, jačina potresa u žarištu označava se magnitudom – M .

$$M = \log_{10} A(mm) + 3 \log_{10} [8\Delta t(s)] - 2.92$$

Ovu meru definisao je i izračunao Rihter (Richter) 1935. godine, pa se po njemu magnitudna skala naziva još i Rihterovom (Tabela 7).

Tabela 7. Rihterova skala (<https://www.sms-tsunami-warning.com/pages/richter-scale#.YgKbce7Ml6g>)

Rihterova magnituda	Opis	Učinci delovanja potresa
Ispod 2.0	Mikro	Mikropotresi, ne osećaju se
2.0 – 2.9	Manji	Uopšte se ne osećaju, beleže ih seizmografi
3.0 – 3.9		Često se osećaju, ali retko uzrokuju štetu
4.0 – 4.9	Lagani	Osetna drmanja pokućstva, zvukovi treska. Značajnija oštećenja su retka
5.0 – 5.9	Umereni	Uzrokuju štete na slabijim građevinama u ruralnim regijama, moguća manja šteta kod modernih zgrada
6.0 – 6.9	Jaki	Može izazvati štete u naseljenim područjima 160 km od epicentra
7.0 – 7.9	Veliki	Uzrokuje ozbiljnu štetu na velikim područjima
8.0 – 8.9	Razarajući	Može prouzrokovati ogromnu štetu i hiljadama km od epicentra
9.0 – 9.9		Katastrofalni potres koji uništava većinu objekata u krugu od nekoliko hiljada kilometara.

Tabela 8. Godišnja učestalost zemljotresa po magnitudi (Rihterova skala) (<https://www.sms-tsunami-warning.com/pages/richter-scale#.YgKbce7Ml6g>)

MAGNITUDA	UČESTALOST
>8.0	1
7.0 – 7.9	18
6.0 – 6.9	120
5.0 – 5.9	800
4.0 – 4.9	6200
3.0 – 3.9	49000
2.0 – 2.9	365000

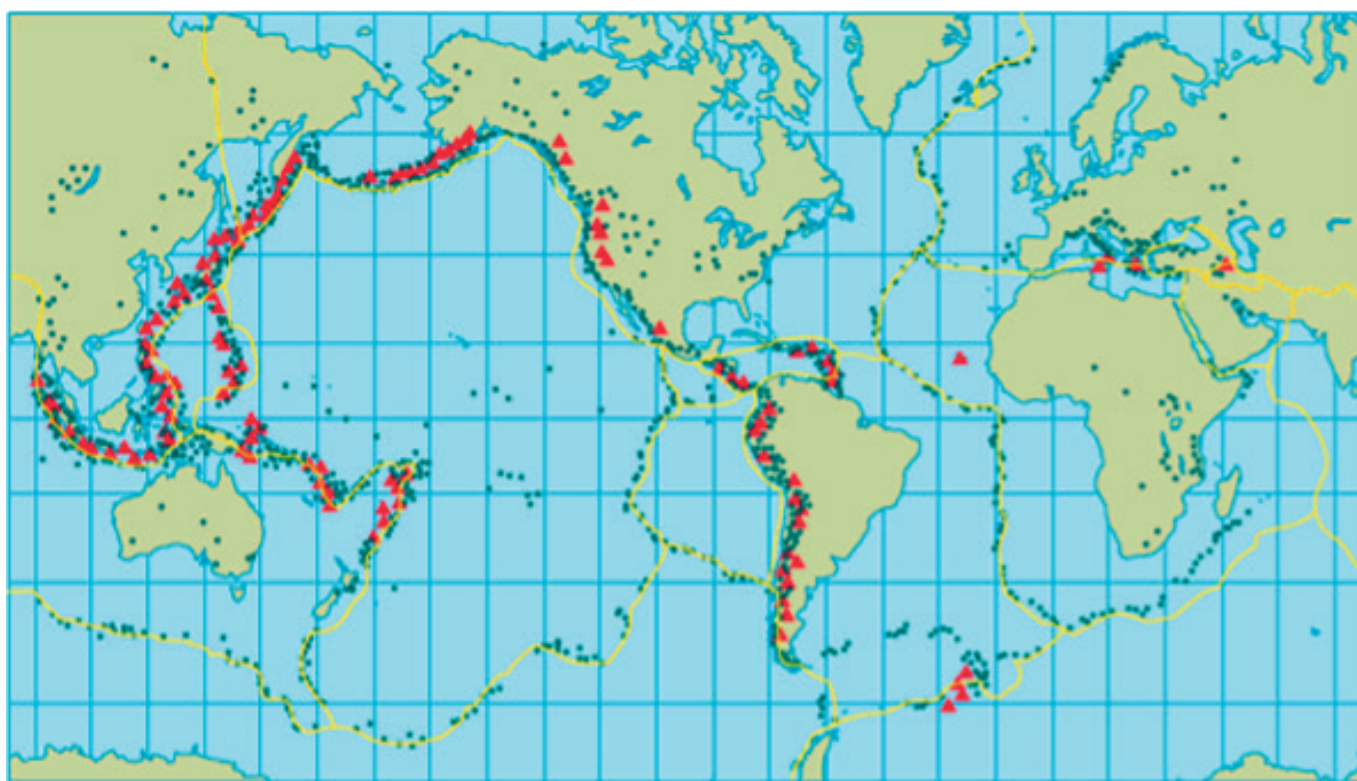
U Tabeli 8 je prikazana godišnja učestalost zemljotresa tokom dvadesetog veka na Richterovoj skali Ms. Zemljotres jači od Ms=8,0 dešava se otprilike jednom godišnje. Njegov uticaj je katastrofalan. Svake godine se dogodi oko 18 zemljotresa u opsegu 7,0–7,9. Ovi zemljotresi su smrtonosni u blizini naseljenih centara. Godišnje se dogodi oko 120 i 800 zemljotresa u opsegu 6,0–6,9 i 5,0–5,9. Zemljotresi manje magnitude (7,0–7,9) smrtonosni su u blizini naseljenih centara sa lošim standardima izgradnje, dok drugi (5–5,9) još uvek mogu da izazovu značajne gubitke na imovini.

Rihterova skala zahteva korišćenje instrumenata koji mere količinu oslobođenja energije u hipocentru. Upravo zato se ne može koristiti za procenu magnitude zemljotresa koji su se desili u prošlosti ili onih koji su se dešavali u zemljama bez mreže. Umesto toga, koristi se Merkalijeva skala (ili njen modifikovani oblik – Tabela 10). Ova skala, sažeta u tabeli, može se približno povezati sa Rihterovom skalom. Merkalijeva skala kvalitativno procenjuje jačinu zemljotresa, koristeći opise vrste štete koja se dogodila u blizini izvora ili epicentra zemljotresa u naseljenim područjima.

Tabela 9. Merkali-Kankani-Zibergova skala (<https://www.sms-tsunami-warning.com/pages/richter-scale#.YgKbce7Ml6g>)

Kategorija	Naziv	Ubrzanje (mm/s ²)	Opis
1	Mikroseizmički	< 2.5	Registruju ih jedino seizmički aparati. Ne izazivaju nikakva razaranja.
2	Veoma slabi	2.5 - 5	Mogu se osetiti samo u potpunoj tišini, na najvišim spratovima visokih zgrada.
3	Slabi	5 - 10	Jedva primetni potresi. Većina ljudi ih uopšte i ne primeti.
4	Umereni	10 - 25	Na otvorenom su gotovo neprimetni, ali ih u kućama primeti većina ljudi. Izazivaju krckanje nameštaja i pomeranje lustera. Slični su prolasku teškog kamiona preko kaldrme.
5	Osetni	25 - 50	Primetni su i na otvorenom i u kućama. Napolju se može primetiti lju-ljanje tanjih grana na drveću a u zgradama se ljuljaju lusteri i zaustavljaju satovi sa klatnom.
6	Jaki	50 - 100	Nikad ne ostanu neprimećeni. Ne izazivaju značajnija oštećenja, najčešće ništa ozbiljnije od otpadanja maltera.
7	Veoma jaki	100 - 250	Izazivaju štetu na slabim građevinama. Na prosečnim zgradama mogu da se pojave manje pukotine, padanje maltera i gipsanih ukrasa sa plafona. Ponekad mogu da pokrenu klizišta ili odrone. Na rekama i jezerima uzrokuju intenzivno talasanje.
8	Rušilački	250 - 500	Mogu da sruše ili oštete i savremeno građene zgrade, fabričke dimnjake, kamene ograde, itd. Na tlu nastaju pukotine, lome se slabije grane sa drveća.
9	Pustošni	500 - 1000	Izazivaju rušenja i znatna oštećenja većine savremenih zgrada. Javljaju se oštećenja i na aseizmičkim objektima.
10	Uništavajući	1000 - 2500	Zgrade se ruše do temelja. Pojavljuju se deformacije tla. Krive se železničke šine. Prekidaju se vodovodne i kanalizacione cevi. Ruše se mostovi i dobro građene drvene zgrade. Nastaju velika klizišta i odroni. Izliva se voda iz reka i jezera.
11	Katastrofalni	2500 - 5000	Dolazi do drastičnog krivljenja železničkih šina. Ruše se brane, nosači mostova, i skoro svi kameni objekti. U tlu nastaju velike pukotine. Podzemni cevovodi bivaju uništeni.
12	Ekstremno katastrofalni	5000 <	Objekti bivaju odbačeni u vazduh. Ruše se sve ljudske građevine. Menja se reljef.

Na Slici 23 su zelenim kružićima prikazani epicentri jakih zemljotresa, crvenim trouglovima aktivni vulkani, a žutom bojom granice globalnih tektonskih ploča. Najveća seizmička aktivnost je vezana za zone sučeljavanja segmenata Zemljine kore i zone subdukcijonih procesa. U ovim zonama su locirani vrlo snažni i katastrofalni zemljotresi.



Slika 23. Geografski raspored zemljotresa i vulkana na Zemlji

Najaktivnije zone zemljotresa vezane su za kontakt tektonskih ploča, na primer Filipini, Japan, Mediteran, zapadna obala Latinske Amerike, Aljaska, Kamčatka i dr. Na mestima gde se tektonske ploče razdvajaju javljaju se nešto slabiji zemljotresi, kao što su: greben centralnog Atlantika, Indijskog okeana, istočnog dela Tihog okeana i dr. Ovde Zemljina kora puca, tektonske ploče se razmiču i magma popunjava nastalu prazninu u Zemljinoj kori kada se naglo hladi u kontaktu sa morskom vodom.

Postoji više pratećih pojava zemljotresa, ali se izdvajaju sledeće:

1. Zvučne pojave sa potresom i bez njega (brontidi);
2. Svetlosne pojave;
3. Pojave vatre;
4. Oscilovanje geomagnetskog i gravitacionog polja;
5. Deformacije reljefa;
6. Cunami talasi, kao najpoznatija prateća pojava zemljotresa.

Ako je epicentar na morskom, odnosno okeanskom dnu, onda se javljaju podmorski (submarinski) trusovi. Brzina kretanja seizmičkih talasa u vodi iznosi oko 1400

m/s, što je skoro ravno brzini zvuka u vodi. Submarinski trusni udari izazivaju stvaranje ogromnog talasa na površini okeana. Njegova visina dostiže i do 30 m, a kreće se brzinom od 20 do 100 metara u sekundi, čak i do 200 m/s u plićim delovima. Ovaj džinovski, rušilački talas naziva se „cunami” (na japanskom jeziku talas). Cunami sa razornom snagom udara o obale uništavajući sve pred sobom. Pre pustošnog nailaska talasa cunami, more se potpuno povuče iz obalskog područja, čak i više kilometara. Ovaj period traje od 15 do 35 minuta, ređe nekoliko časova, posle čega usledi džinovski vodeni zid cunamija.

Seizmički hazardi

Seizmički hazard, kao deo ukupnog prirodnog hazarda, predstavlja stalnu potencijalnu destruktivnu opasnost sa kojom se suočava stanovništvo u seizmički aktivnim zonama. Predstavlja verovatnoću pojavljivanja zemljotresa određenih osobina (intenzitet, ubrzanje oscilovanje tla...) u nekom vremenskom periodu i na određenom mestu. Svojim događanjem, usled oštećenja objekta, infrastrukture i prirodne sredine, štetni zemljotresi utiču na ugrožavanje skoro svih segmenata života. Pogotovu zbog činjenice da su najmanje predvidivi od svih prirodnih

katastrofa, da zahvataju ogroman prostor, da se javljaju gotovo iznenada i da svojim indirektnim dejstvom mogu uticati na ostale prirodne i veštačke opasnosti. Seizmička opasnost vezana je za fenomen prirode na čiji razarajući potencijal ljudska aktivnost ne može da utiče. Seizmički hazard se određuje na osnovu proračuna, primenom odgovarajućih metoda i statističkih modela.

Procena gubitaka izazvanih dejstvom zemljotresa podrazumeva predviđanje mogućih posledica na nacionalnom, urbanom ili na nivou lokacije. Predstavlja verovatni ishod interakcije najmanje tri elementa rizika:

- Seizmičkog hazarda;
- Seizmičke povredivosti izloženih elemenata rizika;
- Izloženosti ovih elemenata uticaju seizmičke opasnosti u smislu njihovog fonda i prostorne raspodele.

Na osnovu procene seizmičkog rizika, vrši se procena štetnog dejstva zemljotresa koje nastaje usled rušenja i oštećenja objekata svih namena (za stanovanje, poslovnih, proizvodnih, infrastrukturnih), procena prekida u komunikacijama (saobraćajnim, telekomunikacionim), kao i procena broja žrtava i broja povređenih stanovnika na teritoriji zahvaćenoj zemljotresom. Utvrđivanje seizmičkog rizika na nivou šire društvene zajednice (države, regiona, lokalne zajednice) u cilju prevencije, stoga, podrazumeva:

- Izradu karata seizmičkog hazarda i dijagrama povratnog perioda maksimalne vrednosti;
- Izradu kataloga zemljotresa, koji sadrže i podatke o prethodnim zemljotresima. Predstavljeni na pravilan način, oni su najvažnija informacija za procenu seizmičkog hazarda;
- Identifikovanje žarišta zemljotresa, odnosno geoloških struktura koje su sposobne da generišu zemljotrese;
- Identifikovanje efekata zemljotresa ili inženjerski pokazatelji. Zavise od jačine zemljotresa, rastojanja do žarišta zemljotresa, karakteristika stena;
- Izrada proračuna seizmičkog hazarda.

U svetu se u proseku svakih 12 sekundi dogodi po jedan zemljotres. Najveći i najpoznatiji potresi u poslednjim vekovima bili su u Lisabonu (1755), Kalabrij (1783), Kaliforniji (1906), Mesini (1906), Kini (1920), Tokiju (1923), Bugarskoj (1928), Indiji (1935), Grčkoj (1954), Čileu (1960), u Indijskom okeanu (2004) i Japanu (2011). Do sada naj snažniji registrovani zemljotres u svetu dogodio se 22.

maja 1960. godine u Čileu, i imao je magnitudu od 9,5 stepeni Rihterove skale. Površina zahvaćena zemljotresom bila je 140.000 km², i budući da je bio veoma snažan, izmenio je izgled reljefa. Na dužini od 500 km, u pojasu širokom 20–30 km, zemljište je potonulo za 2 m. Petina teritorije Čilea dobila je sasvim novi izgled. Većina od 25 ostrva arhipelaga Čilea je potonula, a stvorena su neka nova ostrva, nova jezera, proradio je i vulkan Riniče, koji je mirovao preko 40 godina. Ovaj katastrofalni zemljotres ubio je više od 2.000 ljudi, povređeno je 3.000, dok je 200.000 ljudi ostalo bez doma.

U Kini, u Tangskanu, zemljotres je 28. jula 1976. godine odneo 630.000 života. Cunami, koji se pojavio kao posledica submarinskog trusa u severoistočnom delu Indijskog okeana 26. decembra 2004, usmrtio je preko 300.000 ljudi. Najkatastrofalniji zemljotres po broju žrtava u 21. veku, dogodio se na Haitiju, 12. januara 2010. godine. Prema zvaničnim procenama, stradalo je 316.000 ljudi, a oko 300 000 je povređeno. Bez krova nad glavom je ostalo oko 1,5 miliona ljudi. Zemljotres je imao magnitudu 7 stepeni po Rihterovoj skali. Epicentar je bio 25 kilometara jugozapadno od prestonice Port-o-Prensa. Veliki broj žrtava pre svega je posledica lokacije epicentra u odnosu na glavni grad i odsustvo seizmičkog projektovanja u najsiromašnjoj državi zapadne hemisfere. Nakon zemljotresa, zbog veoma loših sanitarno- higijenskih uslova, izbila je epidemija kolere, koja je ostavila velike posledice.

Zemljotres velikih razmera praćen razornim cunamijem, koji je izazvao katastrofalne posledice, dogodio se u Japanu 11. marta 2011. godine. Prema zvaničnim podacima japanske policije, broj poginulih dostigao je 20.000 ljudi. Jačina zemljotresa iznosila je 8,9 stepeni Rihterove skale a kao posledicu imao je ogromni cunami koji je opustošio istočnu obalu ostrva Honšu. Ovaj zemljotres je izazvao ozbiljna oštećenja na nuklearnoj elektrani Fukušima, koja se nalazi na obali ostrva Honšu. Usled ovoga došlo je do oštećenja na više reaktora u ovoj nuklearnoj elektrani, oslobađanja radioaktivnog otpada u okean, kao i radioaktivnog zračenja u atmosferu, čime je ovaj zemljotres postao velika pretnja ne samo za Japan, već i za ceo svet.

Seizmička rejonizacija i mikrorejzonizacija

Seizmička rejonizacija obuhvata primenu seizmo- loških i geoloških kriterijuma da bi se ocenila seizmička opasnost na određenoj lokaciji. Pored toga, ta lokacija se deli na zone koje se razlikuju po seizmičnosti. Razlikujemo seizmičku regionalizaciju i seizmičku mikrorejzonizaci-

ju. Seizmička regionalizacija se vrši za određeni region, odnosno republiku, i neophodno je da sadrži istorijske podatke o prošlim zemljotresima u regionu i susednim zonama. Osim toga, za što precizniju analizu neophodni su podaci o epicentrima, intezitetima zemljotresa, ubrzanju tla, izoseistama, zatim opisi hipocentara u regionu i šire.

Prema grupi eksperata UNDRO-a (United Nations Disaster Relief Organization, 1979) seizmički hazard definisan je kao verovatnoća pojavljivanja zemljotresa odgovarajućih karakteristika, koji će se na određeni način manifestovati na proučavanoj lokaciji. Karte seizmičkog hazarda se obično prave na bazi probabilističke (PSHA) analize, i postoje dve vrste: karte seizmičke makrorejoni-zacije i karte seizmičke mikrorejoni-zacije. Karte seizmičke makrorejoni-zacije se prave za cele države i druge veće oblasti. One uzimaju u obzir razlike u ponovljivosti zemljotresa različite jačine u različitim žarišnim zonama, kao i udaljenosti od različitih aktivnih žarišnih zona. Glavna karakteristika ove vrste karata je ta što se one izrađuju samo za jedan tip tla, i to najčešće za stenovita zemljišta. Karte seizmičke mikrorejoni-zacije se prave za manje oblasti (gradove, opštine) ili pojedinačne lokacije. One su detaljnije jer se, pored istih podataka koji se koriste za izradu karata makrorejoni-zacija, dodatno uzima u obzir i uticaj lokalnog zemljišta i/ili podinskih stena na kretanje seizmičkih talasa. Poznato je da lokalno tlo utiče na prostiranje seizmičkih talasa i, ukoliko se zanemari njegov uticaj, može doći do ugrožavanja bezbednosti, odnosno stvaranja negativnih posledica po građevinske objekte. Na osnovu geodinamičkog modela lokacije moguće je analizirati uticaj lokalne geotehničke sredine na amplitudni i frekventni sastav kretanja tla na posmatranoj lokaciji.

Prognoziranje zemljotresa

Postoji nekoliko metoda prognoziranja zemljotresa, ali je bitno napomenuti da nijedna od do sada otkrivenih metoda nije dovoljno pouzdana. Većina jakih zemljotresa imala je prethodne manifestacije specifičnih prirodnih fenomena koji se nazivaju prekursori. Prekursori najviše zavise od jačine zemljotresa, ali često izostaju, dok su ponekad vrlo naglašeni. Oni nastaju najčešće kao posledica procesa akumuliranja naponskog polja, odnosno zbog bočnih tektonskih pritisaka u Zemljinoj kori. Prekursori zemljotresa se dele u dve grupe: seizmički fenomeni i fenomeni promene fizičkih polja. Neki od najznačajnijih prekursora su promena brzine seizmičkih talasa zbog izmene gustine stenskih masa usled promene unutrašnje strukture stena, smanjenje električne otpornosti tla, fluk-

tuacija gravitacionog i geomagnetskog polja u regionu, pojava „rojeva“ manjih i većih zemljotresa u periodu od nekoliko dana pre glavnog zemljotresa, pojava elektrostatičkih naelektrisanja i pražnjenja elektriciteta iz tla u obliku svetlosnog isijavanja (vidljivog u toku noći), povećano oslobađanje gasa radona iz tla i vode, nagle promene nivoa podzemne vode, kao i promene u nagibu tla.

Pored ovih prekursora, seizmografi mogu zabeležiti preliminarne slabe udare koji se mogu ponekad čuti kao strahovita buka. Životinje se ponašaju drugačije pre pojave samog zemljotresa. Naime, u jednoj studiji je analizirano ponašanje životinja u 78 zasebnih pojava, i uočeno je da psi pokazuju intenzivan strah, zavijaju, a domaće životinje pokušavaju da pobegnu iz staja i postaju agresivne.

Verovatnoća pojave zemljotresa se može iskazati u vidu jednačine:

$$R = 1 - e^{-(D/T)}$$

gde je

R – verovatnoća da se jednom u **D** godina dogodi zemljotres čiji povratni period iznosi **T** godina;

D – godina za koju se traži rizik;

T – povratni period potresa date magnitude.

Pouzdanost podataka o seizmičkoj aktivnosti zona, kao i pouzdanost funkcije opadanja amplitude seizmičkih talasa sa rastojanjem, utiču na pouzdanost povratnog perioda. Problem prognoze zemljotresa se vezuje za kompleksno sagledavanje svih uslova koji vladaju u žarištu zemljotresa i žarišnoj zoni. Za svaku žarišnu zonu neophodno je odrediti periodičnost pojavljivanja zemljotresa u dužem vremenskom periodu i poznavati veliki broj parametara koji se odnose na geološke, tektonske i seizmotektonske uslove, zatim imati informacije o stepenu deformacije stena u žarištu potresa, kao i niz drugih uslova. Za prognozu zemljotresa potreban je multidisciplinarni pristup, usled kompleksnosti problema i primena različitih metoda.

Prognoziranje zemljotresa može biti kratkoročno, srednjoročno i dugoročno. Kratkoročno još uvek nije dovoljno razvijeno, još je u eksperimentalnom obliku, ali se brojni seizmolozi intenzivno bave ovom problematikom. Srednjoročna i dugoročna prognoza daju informacije o eventualnoj pojavi zemljotresa u narednih 10–12 godina. Dugoročnom prognozom se definiše potencijalna oblast i povratni period katastrofalnih zemljotresa koji mogu da pogode region. Rezultati ovakvih analiza i prognoza se predstavljaju seizmološkim kartama koje prikazuju

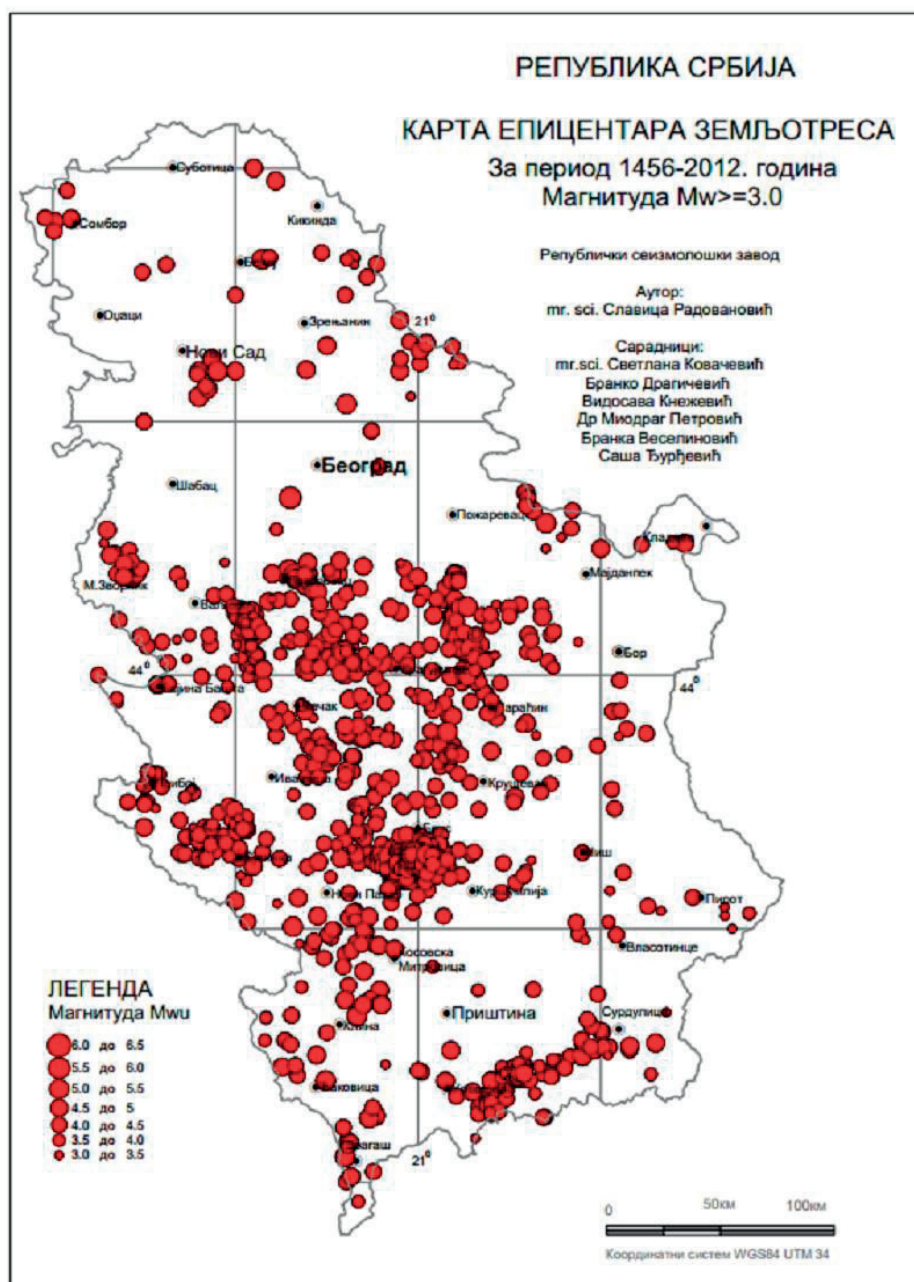
zone različitog stepena intenziteta zemljotresa koji će se u narednom vremenskom periodu dogoditi na tom prostoru, sa određenom dozom verovatnoće.

Karta seizmičkog hazarda teritorije Srbije

Srbija ne pripada prostoru visoke seizmičke aktivnosti, kao što su to primarne zone sučeljavanja tektonskih ploča (gde se dešava 90 % svih zemljotresa na planeti Zemlji), ali su se dešavali zemljotresi čije su magnitude dostizale 5.9 jedinica Rihterove skale. Po svojoj energiji, a s obzirom na nepovoljnu povrednost izgrađene sredine

i kvalitet tla, ovakvi zemljotresi mogu da budu i rušilački. Na to nas upozorava istorijska dokumentacija o zemljotresima. Tokom istorije, mnogi gradovi su teško oštećeni ili su bili u potpunosti uništeni.

Svake godine se izrađuje karta epicentara zemljotresa koji su se dogodili na teritoriji Srbije. Ovakve karte služe za bolje i sveobuhvatnije sagledavanje seizmičkog hazarda, odnosno mera zaštite prilikom planiranja aktivnosti u prostoru. Na slici je karta epicentara zemljotresa u Srbiji u periodu 1456–2012. godina (Slika 24).



Slika 24. Epicentri zemljotresa u Srbiji (<http://www.seismo.gov.rs>)

Seizmička aktivnost se ispoljila na prostoru Srbije događanjem preko 400 umerenih i jakih zemljotresa. Prema dostupnim izvorima informacija, dogodilo se oko 180 zemljotresa sa epicentrom u Srbiji i bližem okruženju, koji su pored materijalne štete na teritoriji Srbije za posledicu imali i gubitke života (Tabela 10). U prošlom i ovom veku dogodilo se i preko 6.000 slabih zemljotresa.

Prostori sa najvišim energetske potencijalom u kojima su se dogodili najjači zemljotresi i serije naknadnih udara koje su ih pratile su:

- Centralna Srbija od Kopaonika na jugu do Aranđelovca na severu, Svilajнца na istoku i Valjeva na zapadu. Ovo je prostor u kome je oslobođeno 90 % ukupne seizmičke energije. Zemljotresi su imali
- Južna Srbija sa zemljotresima magnituda do 5.5 obuhvata Kosovo i Metohiju (Vitina, Gnjilane) i oblast oko Vranja;
- Zapadna Srbija sa zemljotresima magnituda do 5.0 stepeni obuhvata žarišta Priboja, Nove Varoši i Bajine Bašte;
- Istočna Srbija, prostor Karpatobalkanida, sa niskom seizmičnošću <4.5, i malim brojem dogođenih zemljotresa (Slika 46).

Tabela 10. Zemljotresi na teritoriji Srbije sa prikazanim ljudskim gubicima (<http://www.seismo.gov.rs/>)

Datum	Vreme	Lat	Lon	M	Epicentar, područje	poginulih
8.4.1893.	13:47	44.107	21.292	5.8	Svilajnac	3
15.5.1927.	02:47	44.168	20.259	5.9	Gornji Milanovac	7
24.4.2002.	10:51	42.412	21.555	5.2	Gnjilane	1
3.11.2010.	00:56	43.755	20.734	5.5	Kraljevo	2

Geomorfološke nepogode

U grupu litosferskih nepogoda spadaju geomorfološke nepogode, budući da se odigravaju na površini. Usled kontinuiranog delovanja sile Zemljine teže dolazi do brzih ili lagane promene recentnih reljefnih uslova. Ove promene su inicirane i modifikovane delovanjem geomorfoloških procesa različitog intenziteta. U geomorfološke nepogode ubrajaju se klizišta, odroni i urušavanja masa u unutrašnjosti litosfere (ispod topografske površine), i na ove procese ne utiče samo sila Zemljine teže koja je konstantna na čitavoj topografskoj površini, već i drugi faktori i modifikatori. Kao posebno važni faktori izdvajaju se količina i intenzitet padavina, kolebanja temperature vazduha i podloge, antropogeni faktor, itd. Geomorfološke nepogode se ubrajaju u nepogode izazvane kretanjem i premeštanjem masa (*mass movements*) na padinama većeg nagiba, što u potpunosti odgovara našem terminu padinskih procesa. Ovi procesi se mogu javiti individualno, a često su inicirani ili nastaju kao prateća pojava ostalih litosferskih nepogoda (tektonski pokreti, zemljotresi, vulkani). U geomorfološke nepogode

spadaju klizišta, odroni i urušavanje masa, ali će ovde biti detaljno predstavljena klizišta.

Klizišta

Klizanje je kretanja mase stena ili tla niz padinu. Ono uključuje sve pokrete na padinama, bez obzira na mehanizam pokreta. Klizanje je ili prirodan proces oblikovanja reljefa ili se javlja kao posledica ljudskih aktivnosti koje narušavaju stabilnost padina u brežuljkasto-brdovitim područjima. To su vrlo raznovrsne pojave po obliku, veličini pokrenute mase, načinu, brzini kretanja i drugim svojstvima.

Klizišta su, prema tome, pokretanja površinskog rastresitog materijala i nastaju kao rezultat delovanja prirodnih procesa, ali i čovekovog uticaja i delovanja. Kako se površinski slojevi pokreću, menjaju se zemljišni i reljefni uslovi i oblici, a usled takvih ekstremnih uslova se ruše stambeni, kao i infrastrukturni objekti, što umanjuje i onemogućava iskorišćavanje zemljišta na toj teritoriji. Ovim procesom se menja sveukupnost uslova vezanih

za korišćenje i namenu zemljišta. Pod uticajem ovog geomorfološkog procesa uslovljene su i privredne delatnosti kojima se stanovništvo na datoj teritoriji može baviti (uslovi gradnje, stanovanja, obrade zemljišta, itd).

Kako se u literaturi ističe, nestabilnost nagiba je jedna od najrasprostranjenijih prirodnih opasnosti; iako se generalno ne smatra tako katastrofalnim kao druge vrste opasnosti, može imati ogroman uticaj na naseljena područja. Sistematsko istraživanje ovakvih događaja zahteva interdisciplinarnu pristupe, koji uzimaju u obzir ne samo geomorfološke ili geološke faktore, već i političke, ekonomske i društvene aspekte. Prirodne opasnosti poput klizišta pogoršavaju antropogeni faktori, kao što su: ubrzana gradnja, seča drveća na strmim padinama i ometanje drenažnog sistema. Područje klizišta je razuman pokazatelj veličine klizišta i njegove destruktivnosti. Katastrofalne posledice klizišta su često rezultat neorganizovanih promena u korišćenju zemljišta, zanemarenih geomorfoloških i geoloških karakteristika, zanemarenih i poništenih propisa i nekontrolisanog procesa urbanizacije u kombinaciji sa ekstremnim vremenskim pojavama, uglavnom bujičnim poplavama i ekstremnim padavinama. Urbana klizišta predstavljaju primarni geološki rizik u mnogim oblastima, posebno priobalnim i obalnim područjima, i ugrožavaju javne i privatne vrednosti ili imovinu.

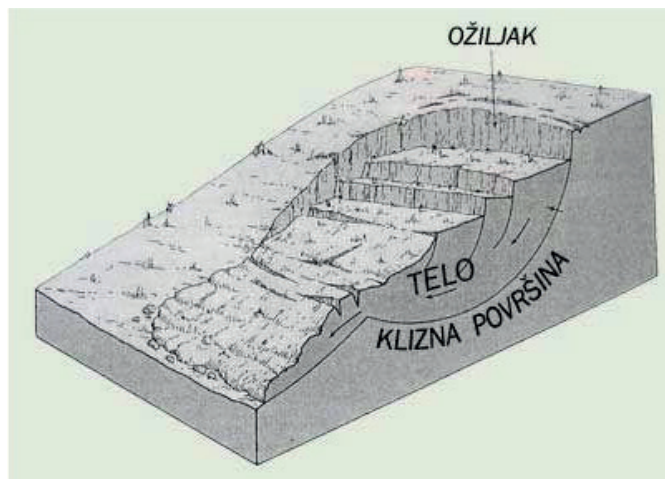
Bez obzira na postanak klizišta, sve oblasti u kojima se ovi procesi javljaju imaju karakter delimično ili potpuno degradiranih površina. Stepenn degradacije uslovljen je intenzitetom samog procesa. Proces klizanja najviše je razvijen na padinama sastavljenim od glinovitih neogenih sedimenata, ili na padinama izgrađenim od zemljišta velike debljine, odnosno na veoma plodnim i povoljnim zemljišnim uslovima za poljoprivrednu proizvodnju.

Podela klizišta

Podelu klizišta je moguće izvršiti na osnovu različitih karakteristika. Moguće ih je podeliti na osnovu: strukture padine, mesta postanka, načina kretanja, dubine klizne površi, itd. Prema dubini klizne površine, klizišta se dele se na: površinska (do 1m dubine); plitka (do 5m); duboka (do 20m); i vrlo duboka (preko 20m).

Prema načinu postanka mogu se podeliti na: delapsivna, koja nastaju podkopavanjem dna padine i razvijaju se prema vrhu, i detruzivna, koja nastaju na višim delovima padine, vršeci pritisak na padinu ispod sebe, razvijaju se prema podnožju.

Na osnovu oblika klizne površine, reljefa i načina kretanja, izdvajaju se slojna, rotaciona, stepeničasta, blokovska i potočasta klizišta.



Slika 25. Elementi klizišta

Na klizištu možemo izdvojiti više delova (Slika 25):

1. Ožiljci su u vreme aktivnosti klizišta obično njegov najopasniji deo. Oni predstavljaju jedini vidljivi deo klizne površi;
2. Klizna površina je površina po kojoj je došlo do klizanja. Kao što je već pomenuto, jedini vidljivi deo klizne površine je u zoni ožiljka. Dubina klizne površi može da bude i do nekoliko desetina metara;
3. Telo podrazumeva materijal pokrenut klizanjem. Ponekad se za telo klizišta upotrebljava i termin: klizna masa;
4. Uvala je depresija koja se javlja na telu klizišta, neposredno iza ožiljka. U depresiji se često zadržava voda što drastično povećava rizik od novog pokretanja klizišta. Kod nekih vrsta klizišta ovaj deo ne postoji;
5. Trbuh klizišta je najviši deo na telu klizišta. Javlja se ispred uvale;
6. Nožica klizišta je donji deo tela klizišta. Nalazi se na suprotnoj strani od ožiljka. Nju, za razliku od ožiljka, nije uvek lako primetiti.

Klizišta se najlakše prepoznaju po ožiljcima. Međutim, postoje i drugi znaci klizišta. Valovite padine, nakrivljena stabla ili bandere, pukotine na putevima i na zgradama, mogu da budu indikator klizišta.

Klizišta su se javljala tokom cele geološke prošlosti pod delovanjem gravitacije i egzogenih sila, u procesu oblikovanja Zemljine površine. Osim prirodnih sila, klizanja tla javljaju se i usled zahvata koje na površini terena izvodi čovek. Klizanja, na koja čovek ne utiče, u početku su spora i gotovo neprimetna. Mogu se lagano pokretati u toku vrlo dugog vremenskog razdoblja, do trenutka

kada nešto izazove poremećaj u ravnoteži određenog površinskog dela tla koje je na ivici stabilnosti, spremno za nagli pokret. Tada nastaje klizište.

Postoje istraživanja u kojima se tvrdi da je većina poznatih aktivnih klizišta (npr. u Apeninima, ali konstatacija se odnosi na sve oblasti) nastala na mestima gde su ona postojala i u geološkoj prošlosti, naročito u Holocenu. Veliki broj tih starih klizišta „spava“, pokriven vegetacijom, što bitno otežava njihovo uočavanje i prepoznavanje. Mehanizam klizišta se može opisati i na sledeći način:

1. Usled delovanja gravitacije, koja nastoji da površinu kosine povuče na niže kote, nastaje na vrhu područje rastezanje koje rezultira aktivnim stanjem granične ravnoteže.
2. Usled prekoračenja vučne čvrstoće, nakon nekog vremena u tom području nastaje pukotina. Sledi postepeno klizanje srednjeg dela klizišta i povećanje bočnog pritiska u smeru nožice. Tu nastaje zbijanje tla i područje pasivne granične ravnoteže.
3. U trenutku kada je prekoračena otpornost/trenje na smicanje, na dovoljno velikoj površini klizne ploče dolazi do naglog sloma i burnog pomicanja tla koje se oslikava kao klizanje.
4. Smirivanje kretanja nastaje kada se dovoljno promeni geometrija, tako da se klizna masa nađe u ravnotežnom stanju. Opis se odnosi na klizanja u homogenim, glinovitim zemljištima. Ponekad za ovakvo klizanje i nije potreban očigledan spoljašnji, ljudski uticaj. Ona su naprosto posledica dinamičkih pokreta površinskog pokrivača u prostoru i vremenu.

U stenskoj masi javljaju se najrazličitiji oblici klizanja, zavisno od geološke strukture područja. To su najčešće razne vrste odrona i prevala. Klizišta, kao geotehnička pojava, počela su se izučavati početkom 20. veka, prilikom njihove pojave pri izgradnji luka za velike teretne brodove u Švedskoj (Göteborg). Današnja saznanja o klizištima govore da su ona vrlo različita po obliku, načinu postanka, vrsti tla u kojem se pojavljuju i neposrednim uslovima koji ih izazovu. Klizišta mogu biti uzrok daljih elementarnih nepogoda, a mogu biti i njihova posledica. Nastaju na kopnu i pod morem.

Da bi nastalo klizište, neophodni su elementi: sediment, padina – reljef i voda – klima, odnosno, glavni faktori koji dovode do masovnog pokreta obuhvataju porni pritisak vode, strm u topografiju i debljinu sedimenta. Jake i intenzivne padavine mogu smanjiti stabil-

nost sedimenta na padinama, posebno nakon sušnih događaja. Jedan takav primer je klizište u Zemunu, koje se pokrenulo nakon intenzivnih padavina 2011. godine. Jake i intenzivne padavine smanjile su stabilnost lesnih sedimenta, nakon sušnog perioda. Pokretanje klizišta dogodilo se nakon sušnih uslova 2010. godine, koji su stvorili pogodnosti za intenzivno klizište krajem leta 2011. U ovom procesu četiri ljudska života su izgubljena. Stabilnost lesne padine je pod jakim uticajem klimatskih uslova. Naime, nedovoljno zasićeni suvi les može imati vertikalne padine, koje postaju nestabilne posle padavina ili pojačane drenaže, kada se gubi kohezija između sedimenta.

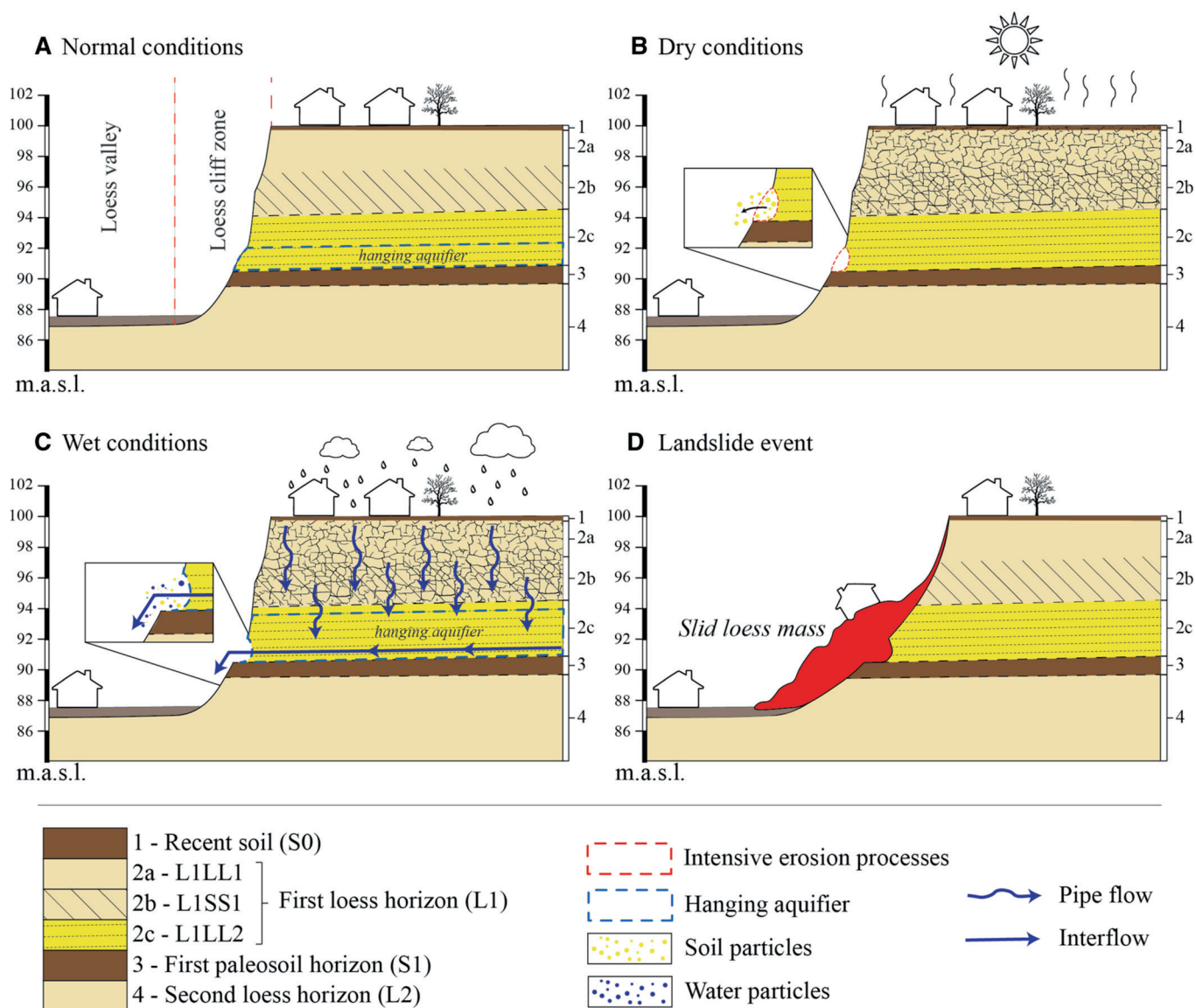
Slika 26 prikazuje verovatan razvoj uslova koji su olakšali razvoj klizišta u Zemunu. Kontakt između relativno poroznog, nekonsolidovanog primarnog lesa, i zatrpamo tlo (paleozemljište) verovatno su igrali važnu ulogu u ubrzavanju erozije u osnovi kosine. U dugotrajnim sušnim uslovima, les je podložan vertikalnom cepanju (slika 26-1b) i eroziji. Kada je suša praćena ekstremnim padavinama, voda prodire naniže kroz vertikalne pukotine i razvija se klizna ravan neposredno iznad manje propusnog, starog paleozemljišta bogatog glinom (Slika 26-1c). Kontakt između vodom zasićenog lesa i manje propusnog glinovitog zemljišta pojačava eroziju kako se podzemne vode dreniraju prema dnu litice. Ovaj proces je dodatno pogoršan rastvaranjem kalcijum-karbonata koji se javlja unutar lesa, ubrzavajući eroziju i urušavanje litice u završnoj fazi (slika 26-1d). Nestabilnost padine u Zemunu pojačana je nedostatkom vegetacije i intenzivnom urbanizacijom. Konkretno, odsustvo adekvatnog sistema kišne drenaže je pogoršalo eroziju na lokaciji.

Katastrofalna klizišta je teško odvojiti od drugih vrsta kretanja i premeštanja masa, kao i od nekih većih katastrofa koje izazivaju drugi prirodni hazardi. Na primer, tropski cikloni donose veoma obilne padavine; ovo ne samo da povećava pritisak vode u porama u potencijalno nestabilnom materijalu, već, kroz dodatnu težinu, takođe povećava naprezanje u naslagama na nagibu.

Neke od najgorih prirodnih katastrofa dogodile su se zbog pokretanja klizišta izazvanih zemljotresima. Zemljotresi u kineskoj provinciji Šensi, 1556, i u Kansuu, 1920. godine izazvali su poremećaje u naslagama lesa, uništavajući kuće ukopane u liticama. Urbana područja najviše su pogođena posledicama klizištima. U Rio de Žaneiru 1966. godine, rekordne padavine u januaru i martu izazvale su katastrofalna klizišta koja su uništila

trošne kuće na planinskom obodu grada. Preko 500 ljudi je poginulo, a poremećeni transport i komunikacije uticali su na život 4 000 000 ljudi. U sledećem dvogodišnjem periodu preko 2700 ljudi je poginulo u oblasti Rio de Žaneira usled pokretanja klizišta i drugih nestabilnosti padina koji su zahvatili preko 170 km². U Hong Kongu je tropski ciklon 1976. doneo 500 mm kiše za dva dana, izazvavši klizišta na strmim padinama i usmrтивši

22 osobe. Mnogobrojna klizišta desila su se tamo gde je urbano širenje zahvatilo strme padine i potkopalo vrh nestabilnih sedimenata. Japan je, takođe, posebno ranjiv na klizanje izazvano tajfunom u blizini urbanih sredina. Kobi je 1939. godine pogođen klizištima koja su pokrenule obilne padavine, a koja su usmrtila 461 osobu i oštetila 100 000 kuća.



Slika 26. 1) Razvoj klizišta u Zemun 2011. godine i 2) kauzalni faktori koji dovode do aktiviranja klizišta (Lukić et al. 2018)

U nerazvijenim regionima sa bujnom vegetacijom, posebno u tropskim predelima, megaklizišta predstavljaju osnovni oblik kretanja materijala niz planinske padine. Godine 1935. novogvinejska klizišta su očistila 130 km² padina zaraslih bujnom vegetacijom. Zemljotres u Bijali 10. maja 1985. na ostrvu Nova Britanija u Papui Novoj Gvineji izazvao je megaklizište koje je pregradilo reku Bairaman.

Tropski ciklon Voli, koji je pogodio Fidži u aprilu 1980. i ciklon Namu, koji je prošao preko Solomonskih ostrva 1986. godine, izazvali su stotine klizišta sa prosečnom zapreminom premeštenog materijala većom od 500 m³ po hektaru. Ovakva klizišta na ovim prostorima nisu zabeležena u prethodnih 50 godina.

Klizišta na teritoriji Srbije

S obzirom na veoma složenu geološku građu, morfološka svojstva, klimatske, hidrološke i druge karakteristike na teritoriji Republike Srbije, razvijeni su i zastupljeni različiti vidovi egzogeodinamičkih procesa i pojava. Neadekvatno korišćenje terena takođe doprinosi nastanku, razvoju i intenziviranju ovih procesa. Nestabilnost terena, sa pojavama klizišta, odrona, sipara i obrušavanja obala rečnih korita različitih dimenzija i aktivnosti, zastupljena je na oko 25-30 % terena teritorije Srbije. Pojave nestabilnosti terena u vidu klizanja najviše su zastupljene na terenima izgrađenim od jezerskog sedimentnog kompleksa (pobrđa neogenih basena), zatim od stena dijabaz-rožnačke formacije (dolina Lima), stenskog kompleksa fliša (brdsko područje Šumadije), od metamorfita (severoistok Srbije, sliv Vlasine, gornji tok Ibra, sliv Drine i dr.). Uzroci klizanja su promena napona u tlu, najčešće usled oscilacija površinskih i podzemnih voda i smanjenje otpornosti tla na smicanje.

Zastupljenost klizišta u odnosu na ukupnu teritoriju Srbije iznosi 20–25 %. Takođe, pojave nestabilnosti terena, u vidu odrona i osulina u polomljenim krečnjacima i serpentinitima, zastupljene su u klisurastim dolinama rečnih tokova, kao i na neobezbeđenim kosinama u zoni saobraćajnica. Zastupljenost odrona i osulina na teritoriji Srbije iznosi 5–10 %.

Klizišta su dubine najčešće 5–10 m, a u okviru njih se pojavljuju plića, sekundarna, aktivna klizišta, sa akutnim kinematskim statusom. U vezanim okamenjenim stenama klizišta su ograničena na raspadnutu stensku masu i deluvijalnu zonu, dok su u neogenom stenskom kompleksu uglavnom većeg rasprostranjenja i dubine (često i preko 10 m).

Najdublja klizišta formirala su se u neposrednom priobalju Dunava i Save (severne padine Fruške gore, Duboko i Umka, Karaburma, potez Vinča–Ritopek–Grocka, Smederevo). Najveća do sada dogođena klizišta su: klizište u selu Berkovac na padinama Maljena koje je nastalo 1933. godine i zagrabilo je Berkovačku reku u slivu Kolubare, klizište „Zavoj“ na Staroj planini, i klizište „Jovac“ kod Vladičinog Hana. Posledice klizanja terena su štete na materijalnim dobrima (objektima, vodnim tokovima, poljoprivrednom i šumskom zemljištu), a često su ugroženi i ljudski životi. Najviše su ugroženi linijski objekti, pre svega saobraćajnice.

S obzirom na to da tereni neogenih basena najčešće predstavljaju sredinu za inženjersku aktivnost (lociranje i izgradnja naselja, raznovrsnih objekata i infrastrukture), rešavanje problema stabilnosti terena u ovim prostorima ima prvorazredni značaj (klizišta u području Beograda, klizišta u

zoni auto-puta u okolini Malog Požarevca, Kolar i Ražnja, klizišta na severnim padinama Fruške gore, na potezu Grocka–Smederevo i na mnogim drugim lokalitetima).

Usled intenzivnog klizanja terena ugroženi su stambeni, infrastrukturni, energetske, vodoprivredni i industrijski objekti, kao i prirodna i nepokretna kulturna dobra. U području Beograda, rizik od klizišta najaktuelniji je u naseljima Karaburma, Mirijevo, Medaković, Miljakovac, u delu savske padine, kao i u mnogim prigradskim naseljima: Umka, Barič i Mislođin, Veliki i Mali mokri lug, potez Vinča–Ritopek–Grocka i drugi lokaliteti. Na ostalim prostorima Republike Srbije, rizik od klizišta je takođe veoma izražen. To su tereni na severnim padinama Fruške Gore, zatim smederevsko priobalje, pobrđe Šumadije, tereni u slivu Kolubare, Ibra, Lima, kao i u drugim delovima teritorije Srbije. Najpoznatije do sada registrovane štete na materijalnim dobrima uzrokovane klizanjem su u području: naselja Umka sa deonicom puta Beograd–Obrenovac, naselja Karaburma u Beogradu, deonice autoputa Beograd–Niš na Begaljičkom brdu, kod Kolar i Ražnja, deonice magistralnog puta i dela naselja Donji Milanovac, prigradskih naselja Kragujevca, Priboja, Prijepolja, Novog Pazara, Niša, Kruševca, Leskovca, Zaječara i dr. Veliki deo ovih pojava izazvan je i neadekvatnom tehnogenom aktivnošću u labilnim delovima terena, posebno pri rudarskoj aktivnosti (baseni Majdanpeka i Bora, Kolubare, Kostolca i Beočina), ali i pri građevinskoj aktivnosti – zasecanja padina i duboki nezaštićeni iskopi, kao i usled nekontrolisanog otpuštanja otpadnih voda u teren.

Primeri registrovanih klizišta i odrona sa katastrofalnim posledicama

Na teritoriji Republike Srbije desilo niz katastrofalnih klizišta, od kojih su neka sa smrtnim ishodom.

Odron – klizište Ovčar Banja desilo se krajem 1896. godine, kada je telo odrona pregradilo rečni tok i formiralo prirodnu branu visine oko 80 m, sa širinom osnove oko 1.000 m. U periodu od 29. oktobra do 12. novembra 1896. godine, izlučila se ogromna količina padavina pa je tako došlo do formiranja akumulacije koja je prelila i provalila branu. Kao posledica, poplavljeni su nizvodni delovi Požege, niži delovi Čačka. Nema preciznih podataka o štetama i eventualnim žrtvama.

Na desnoj dolinskoj strani Dunava formirano je klizište u Čortanovcima. Telo klizišta je debljine i do 30 m, i pomera se ka rečnom koritu, različitim intenzitetima (glavna faza pomeranja je bila 1942. godine), ali se trenutno lagano pomera. Čeoni ožiljak je formiran na vrhu padine sa vertikalnim skokom od oko 30 m, a telo klizišta je dužine preko 1.000 m i izdelfeno je brojnim sekundarnim ožiljcima. Zbog toga se

pomeranje odvija parcijalno, do samog korita reke u kome se i nalazi nožica klizišta. Na desnoj dolinskoj strani Dunava, od Novog Sada do ušća Morave u Dunav, javljaju se klizišta slična opisanom: Sremska Kamenica, Sremski Karlovci, Beška, Slankamen, Karaburma, Vinča, Ritopek, Smederevo i dr. Sva ta klizišta pričinjavaju znatne štete izgrađenim objektima, saobraćajnicama, objektima infrastrukture, tako da ti urbanistički atraktivni predeli ne mogu da se racionalno koriste.

U drugoj polovini februara 1963. godine pokrenula se masa od preko 4.000.000 m³, većim delom raskvašenog zemljanog i kamenog materijala, koja je formirala klizište „Zavoj“, dugo oko 1.500. Više od 1.500.000 m³ toga materijala sručilo se u uzanu dolinu Visočice i tako potpuno pregradilo tok reke. Stvorena je prirodna „zemljana brana“, visoka oko 36 m, a duga oko 500 m. Stvaranjem prirodne brane došlo je do akumuliranja vode u dolini Visočice i formiranja jezera dugog oko 10 km, sa približno 30.000.000 m³ vode. Voda jezera potopila je selo Zavoj i duže vreme je, usled mogućeg preliva i razaranja brane, ugrožavala nizvodna naselja, ne samo u dolini Visočice, već i u dolinama Temštice i Nišave, sve do Niša. Prirodno jezero Zavoj je postojalo bezmalo 22 meseca, tj. dok voda iz njega nije ispuštena specijalno za to građenim tunelom dužine oko 600 m.

Na desnoj obali Lima u Priboju aktivirano je klizište Glišine vode – Panja glava, prilikom izgradnje železničke pruge 1972. godine. Tom prilikom je masa od oko 1.300.000 m³ materijala pomerena ka nožici padine, što je uzrokovalo rušenje 80 objekata. Sanacija klizišta je zahtevala velika finansijska sredstva, s obzirom na to da je klizište bilo veoma duboko (20–30 m).

Tokom noći između 12. i 13. decembra 1974. godine, došlo je do odronjavanja, prema proceni – 250.000 m³ blokova krečnjaka, u rečno korito, koje je tom prilikom suženo za 1/3, a formiran je talas visine 13 m. Tako je formiran odron „Jocna“ na desnoj obali Dunava, u području Đerdapske klisure. Saobraćaj na putu bio je u prekidu šest meseci, plovidba Dunavom otežana, a srećom – nije bilo žrtava.

Na desnoj obali Save, nizvodno od Bariča, nalazi se klizište Duboko-Umka. Formirano je na delu obale koju matica Save intenzivno podseca. Tu je nastala i nestabilna padina dužine od oko 4 km i širine 1–1,5 km, sa relativnom visinom preko 130. Nožica klizišta je u koritu reke Save, koja je na ovom potezu duboka (srednja voda) oko 15 m. Dubina kliženja je promenljiva, 12 m–15 m, maksimalno do 25 m. Dinamika kliženja je, čak i u fazi intenzivnih pomeranja, relativno spora.

Nakon ekstremnih padavina tokom meseca maja 2014. godine došlo je do aktiviranja velikog broja klizišta

na teritoriji Srbije. Kroz brojne studije i projekte stvorena je stvarna slika o stepenu ugroženosti teritorije Srbije klizištima. Usled kiše koja je lokalno dostigla količinu od preko 200 mm za tri dana, osim samih poplava, došlo je i do aktiviranja velikog broja klizišta koja su mnogim ljudima ugrozila živote, oštetila domove, saobraćajnice i drugu infrastrukturu, i na taj način dovela do totalnog kolapsa u zemlji. Broj nastradalih i obim materijalne štete doveli su do toga da Vlada Republike Srbije proglasi vanredno stanje, a ovaj ekstremni događaj prirodnim nepogodom.

Katastar klizišta bi bilo neophodno napraviti radi pravilnog planiranja namene površina. Taj postupak podrazumeva izdvajanje svih potencijalnih površina koje su ugrožene ovim procesom, identifikovanje aktivnih i umirenih klizišta. Jedna od najvažnijih preventivnih mera je uočavanje i izdvajanje potencijalnih zona kliženja, a to se postiže metodom eliminacije. Izdvajanje terena ugroženih procesom kliženja najčešće se vrši po fazama. Prva faza podrazumeva detaljniju kvantitativnu analizu topografskih (karte vertikalne raščlanjenosti reljefa, karte nagiba terena) i geoloških karata. Nakon toga se izdvajaju potencijalno ugroženi tereni na nekoj teritoriji. Metodom eliminacije identifikuju se one površine koje svojim litološkim sastavom ne ispunjavaju uslove za pojavu klizišta.

U fazi detekcije potencijalne osnovanosti za nastanak klizišta na nekom terenu neophodna je analiza topografskih karata (kvantitativna analiza terena). Nakon analize geoloških karata neophodno je pregledati postojeću literaturu koja se bavi datim problemom. Sledeća faza su terenska istraživanja kojima se potvrđuju ili odbacuju prethodne konstatacije i detaljno se ucrtavaju istražene oblasti na kartu. Usled izražene denivelacije topografske površine i karakterističnih oblika reljefa (klizni odsek, klizni breg), klizišni proces se lako uočava na terenu. Pored toga, pokazatelji aktivnosti procesa su i biološki i tehnički činioci. Oblik stabala može da ukaže na pravac kretanja klizne mase, ali se u zavisnosti od toga da li je na terenu zastupljena tzv. „pijana“ ili „sabljolika“ šuma mogu dobiti i dodatne informacije o karakteristikama klizišta. Primena tehničkih činilaca za detekciju klizišta podrazumeva uočavanje deformacija i pukotina na stambenim i pomoćnim objektima, putevima, potpornim zidovima i dr.

Osim navedene metodologije prepoznavanja potencijalnih kliznih površina, kao prve faze u borbi protiv ovog padinskog procesa, neophodno je izraditi i mere zaštite površina na kojima je dominantan recentan ili fosilan klizišni proces (aktivna i umirena klizišta). Protivklizišne mere mogu se podeliti na tri grupe: tehničke (izgradnja kanala, drenaža, izgradnja potpornih zidova), geoelektrične (povećanje otpora kliznoj masi) i biološke mere (pošumljavanje terena).

U hidrološke nepogode svrstavaju se sve one nepogode koje su nastale delovanjem vode. Pri tome, moguće je razlikovati poplave na vodotocima koje mogu biti izazvane atmosferskim (padavine, topljenje snega, ledene brane), geomorfološkim (klizišta, odroni) i tehnološkim uzrocima (oštećenja na branama), ali i poplave u priobalju jezera, mora i okeana izazvane atmosferskim (oluje, olujni vetrovi) i tektonskim (cunami) uzrocima.

Poplave

Poplava se može definisati kao prirodna nepogoda koju karakteriše pojava izlivanja velikih voda (ekstremna hidrološko-hidraulička pojava) tj. poplavnog talasa iz rečnog korita, i u suštini je slučajnog stohastičkog karaktera. Ovaj vid elementarnih nepogoda zahteva posebnu pažnju, naročito kada se ima u vidu iznenadnost opasnosti, kao učestalost javljanja, stepen ugroženosti i posledice koje sa sobom nosi. Može se reći da su poplave najizrazitiji i najteži oblik delovanja vodene stihije. Faktori koji utiču na pojavu poplava mogu se podeliti u dve grupe, na direktne i indirektne.

U direktne faktore spadaju: padavine, otapanje snega, ledene sante, stanje vodostaja glavnog toka u vreme njegovog porasta, meandriranje toka, klizenje tla, koincidencija velikih voda pritoka i glavnog toka.

Najveći uticaj na nastanak poplava imaju padavine. Velike količine padavina dovode do porasta vodostaja, a sneg tek prilikom otapanja. Na visinu poplavnog talasa, na prvom mestu, utiču količine padavina i veličina sliva zahvaćena njima. Ekstremne padavine obično traju kratko i imaju lokalni karakter, dok dugotrajne kiše zahvataju ceo sliv ili njegove veće delove, zasite zemljište vodom i dovode do porasta vodostaja u čitavom rečnom sistemu. Najopasnije su, svakako, ciklonske ili frontalne padavine koje u jednom području traju 2-3 ili više dana.

Snežni pokrivač takođe može da sadrži veoma velike zalihe vode. Nepovoljna okolnost je u tome što se topljenje snega često poklapa sa pojavom obilnih prolećnih kiša. Koincidencija obilnih padavina i otapanje snežnog pokrivača uslovljava nagli porast vodostaja i obrazovanje poplavnog talasa dužeg trajanja (preko deset dana) na srednjim i velikim rekama.

Poplave se najčešće javljaju u proleće, kada se usled kombinacije otopljenog snega i kiše formira izuzetno vi-

sok poplavni talas, kao i u kasnu jesen, koja se odlikuje obilnim padavinama.

Za vreme izrazito hladnih zima reke prekriva ledena kora koja može dostići debljinu od 20 do 60 cm. Početkom proleća, kada ledene sante krenu rekom, može doći do pojave ledene poplave. Prilikom nailaska na neku prepreku u rečnom koritu (most, sprud) ili u velikim meanderima sante leda se gomilaju i stvaraju ledeni čep. Zbog zastoja leda barijera postaje sve veća i deblja i sve više sprečava oticanje reke. Uzvodno od ledenog čepa, reka se ujezerava i plavi okolne površine i naselja.

Da li će doći do izlivanja visokih voda, zavisi i od stanja vodostaja glavnog toka u vreme njegovog porasta, odnosno od sposobnosti rečnog korita da primi novu količinu vode do visine kritičnog nivoa. Mnogo su češće poplave koje nastaju kao posledica dužeg izlučivanja padavina sa kraćim ili dužim prekidima, koje stalno održavaju visok vodostaj, nego posle sušnog perioda, kada je on veoma nizak.

Kod ravničarskih reka poplave su češće nego kod planinskih. Osim toga, one su po posledicama većih razmera. Jedan od razloga je meandriranje toka. Izrazite okuke su neka vrsta prirodnih prepreka nesmetanom oticanju vode. Brzina kretanja vode se u njima smanjuje i dolazi do pojave vrtloga. Voda se tu nagomilava, izdiže i izliva. U zimskom periodu okuke su mesta gde se zadržavaju ledene sante i gde najčešće dolazi do zadržavanja vode. Zato je jedan od glavnih zadataka regulacije tokova presecanje meandara, odnosno ispravljanje rečnih korita.

U krajevima aktivnih klizišta, koja se lako pokreću usled priliva vode posle obilnijih padavina, postoje potencijalni uslovi za nastanak poplava. Događa se da zemljana ili stenovita masa klizanjem dospe u rečno korito i pregradi ga, izazivajući ujezeravanje vode na uzvodnom delu. Ovaj uzrok poplava je redak i javlja se uglavnom na manjim vodenim tokovima, gde zemljana masa može da pregradi rečnu dolinu.

Padavine mogu da zahvate pojedine delove ili ceo sliv. U zavisnosti od toga, visoke vode se javljaju u glavnom toku, u koritima pritoka ili na svim tokovima u slivu. Ukoliko dođe do koincidencije velikih voda pritoka i glavne reke, katastrofa je neizbežna.

Prema tome, na osnovu glavnog uzroka poplava u Srbiji se izdvajaju sledeći tipovi: poplave izazvane kišom i otapa-

njem snega, ledene poplave, poplave usled koincidencije visokih voda, bujične poplave, poplave izazvane kliženjem zemljišta, poplave izazvane rušenjem brana.

U indirektne faktore poplava spadaju: sliv (oblik i veličina), gustina rečne mreže, reljef (nagib terena), zasićenje zemljišta vodom, nivo podzemnih voda, pošumljenost, način obrade poljoprivrednih površina, nivo podzemnih voda, ljudski faktori, odnosno nepridržavanje propisa, požari većih i manjih razmera koji uništavaju šume i biljni svet, čime omogućavaju erozije, klizišta, zatim nedovoljno odgovarajućih nasipa, obala i utvrda, neredovno i nedovoljno pažljivo čišćenje nanosa u rekama i akumulacijama.

Poplave, dakle, najčešće nastaju pod uticajem više faktora. Obično su posledice kombinovanja prirodnih i antropogenih uticaja, sem kada se radi o isključivo meteorološkim uzrocima.

Pored ove podele, poplave se na našem prostoru prema osnovnim karakteristikama dele na mirne (u ravnicima) i bujičaste (u brdsko-planinskom području).

Pored velikih šteta koje poplave pričinjavaju u momentu dejstva, kao što su davljenje ljudi i životinja, uništavanje useva, rušenje kuća, plavljenje stambenih i drugih objekata u selima i gradskim područjima, rušenje mostova, šteta na saobraćajnicama, industrijskim i drugim objektima i postrojenjima, teške posledice mogu imati i dugoročni karakter. Naime, dužim ostajanjem pod vodom, osim uništavanja useva u tekućoj godini, ugrožava se i setva naredne godine, jer se spiranjem površinskog sloja pogoršava kvalitet zemlje, a oranice i opštekorisno poljoprivredno zemljište se pretvaraju u neplodna. Prodiranjem vode u proizvodne hale može doći do uništavanja opreme koja se često mora zameniti novom ali i ogromnih količina reprodukcionog materijala, polu i finalnih proizvoda, što za duže vreme može onemogućiti proizvodnju i pogoršati socijalno ekonomski status stanovnika poplavljenog područja. Poplave znatno otežavaju snabdevanje vodom za piće s obzirom da se nepovoljno odražavaju na higijensko-tehničko stanje objekata vodosnabdevanja. Osnovni problemi javljaju se zbog prodiranja plavne vode u izvorišta, što je praćeno zagađivanjem objekata i vode u njima, presecanja pristupa objektima vodosnabdevanja, oštećenja, razaranja elemenata vodosistema, zbog plavljenja pojedinih izvorišta zagađenja (nužnici, septičke jame, đubrišta, deponije), itd. Osim navedenog, prilikom poplava može doći do stradanja ribljeg fonda, zbog zagađenja vode usled spiranja veštačkog đubriva i

pesticida sa poljoprivrednog zemljišta, odnosno komunalnih i industrijskih otpadaka.

Veličina štete od poplava zavisi od visine i brzine podizanja nivoa vode, poplavljene površine, od blagovremenosti njihove prognoze, od postojanja i stanja hidrotehničkih objekata, od stepena naseljenosti i razvijenosti poljoprivrede u rečnim i vodoplavnim dolinama. Prema visini podizanja nivoa voda u rekama, površini poplavljenog područja i veličini nanete štete, rečne poplave dele se na četiri kategorije:

1. Niske (male) poplave zapažaju se na ravničarskim rekama i dešavaju se na svakih 5-10 godina. Ove poplave, budući da voda plavi manje od 10% poljoprivrednog zemljišta, ne nanose značajniju materijalnu štetu i skoro uopšte ne narušavaju ritam života u naseljima.
2. Visoke poplave praćene su plavljenjem srazmerno većih delova rečnih dolina i ponekad bitno narušavaju privredne delatnosti i komunalni način života. U gusto naseljenim oblastima visoke poplave neretko nameću potrebu delimične evakuacije ljudi i nanose osetne materijalne štete. Dešavaju se svakih 20–25 godina i plave 10–15% poljoprivrednog zemljišta.
3. Izvanredne (velike) poplave zahvataju celi rečni bazen. One parališu privrednu delatnost i žestoko narušavaju komunalni način života, nanose velike materijalne štete. Za vreme izvanrednih poplava javlja se potreba za masovnom evakuacijom stanovništva, materijalnih i kulturnih dobara iz naselja, kao i potreba za zaštitom najznačajnijih privrednih objekata. Ove poplave javljaju se na svakih 50–100 godina, plave 50–70% poljoprivrednog zemljišta i počinju da plave naseljena mesta.
4. Katastrofalne poplave izazivaju plavljenja ogromnih teritorija u oblastima jednog ili nekoliko rečnih sistema. Pri tome je u zoni plavljenja u potpunosti paralizovana privredna delatnost i privremeno se menja način života u naseljima. Ove poplave praćene su velikim materijalnim štetama i gubicima ljudskih života a dešavaju se jednom u 100-200 godina ili ređe. Plave više od 70% poljoprivrednog zemljišta, naseljena mesta, komunikacije i industrijske objekte.

Tipična analiza učestalosti poplava uključuje dijagram na kom su prikazani istorijski podaci o veličini poplave u odnosu na interval ponavljanja. Poplavni proticaji su

ucrtani na vertikalnoj osi, a intervali ponavljanja su ucrtani na horizontalnoj osi u godinama. Što je duži istorijski zapis o poplavama u nekom području, to se kriva može tačnije nacrtati. Sa krivom učestalosti poplava, mogu se proceniti povratna vremena poplava.

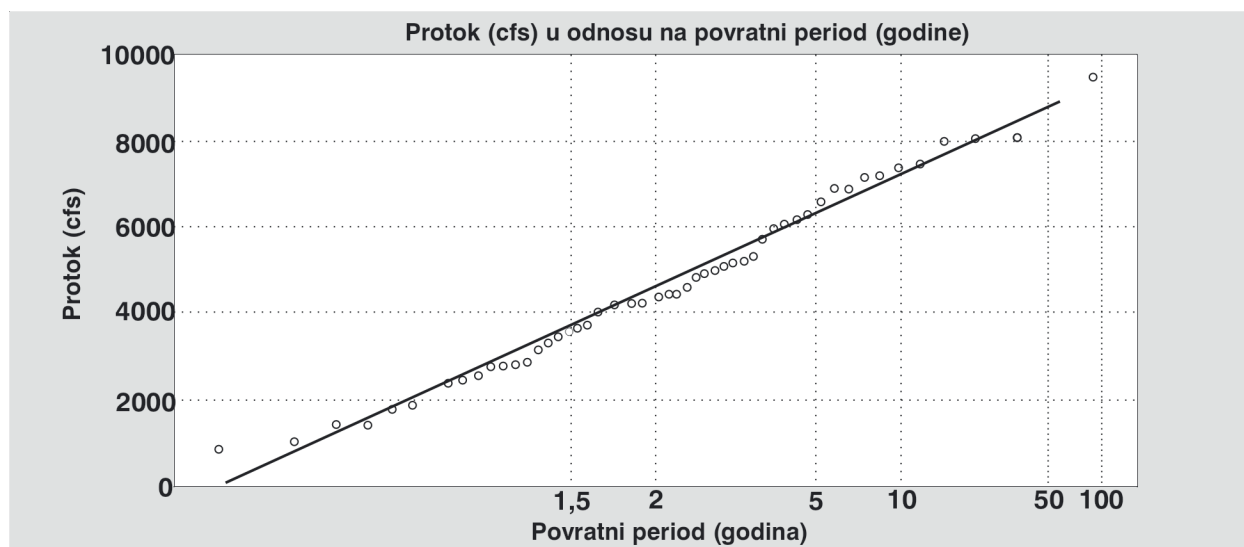
Korišćenjem godišnjih podataka o maksimalnom proticaju koji su dostupni za neki vremenski, analiza učestalosti poplava se koristi za dobijanje informacija kao što su srednja vrednost, standardna devijacija i asimetrija koja se dalje koriste za kreiranje grafikona distribucije frekvencije. Najbolja distribucija frekvencije se bira između postojećih statističkih distribucija kao što su Gumbel, Normalna, Log-normalna, Ekspencijalna, Veibull, Pearson i Log-Pearson. Nakon izbora distribucije verovatnoće koja najbolje odgovara podacima o godišnjim maksimumima, iscrtavaju se krive učestalosti poplava. Ovi grafikoni se zatim koriste za procenu projektovanih vrednosti protoka koji odgovaraju specifičnim periodima povrata koji se mogu koristiti u svrhe hidrološkog planiranja. Učestalost poplava igra vitalnu ulogu u pružanju procena ponavljanja poplava koja se koristi u projektovanju objekata kao što su brane, mostovi, propusti, nasipi, auto-putevi, postrojenja za odlaganje otpadnih voda, vodovodi i industrijske zgrade. Da bi se procenila optimalna specifikacija projekta za hidraulične konstrukcije i da bi se sprečilo prekomerno ili nedovoljno projektovanje, neophodno je primeniti statističke alate za kre-

iranje procena učestalosti poplava. Ove procene su korisne u obezbeđivanju mernog parametra za analizu štete koja odgovara specifičnim tokovima u vreme poplava. Zajedno sa hidrauličkim projektovanjem, procene učestalosti poplava su takođe korisne u aktivnostima osiguranja od poplava i zoniranja od poplava. Tačna procena učestalosti poplava ne samo da pomaže inženjerima u projektovanju bezbednih objekata, već i u zaštiti od ekonomskih gubitaka usled održavanja objekata.

Relativno jednostavna metoda za konstruisanje krive učestalosti poplava sastoji se od određivanja maksimalnog proticaja za svaku kišnu godinu. Zanemarujući hronološki redosled kišnih godina, svaki godišnji maksimum se rangira od najvećeg proticaja (=1), drugog najvećeg (=2), itd., pa sve do najmanjeg. Da bi se nacrtala kriva za određenu reku, prvo se izračunaju intervali ponavljanja za maksimalnu poplavu svake godine, koristeći formulu:

$$RI=(N+1)/M$$

gde je N = broj godina evidencije o poplavama, i M = brojčani rang maksimalnog protoka. Nakon izračunavanja intervala ponavljanja za svaku godinu, ta vrednost (u godinama) se upisuje na horizontalnoj osi (koja je obično logaritamska osa). Na y osi se prikazuju vrednosti maksimalnog proticaja (Slika 27).



Slika 27. Povratni period za maksimalne proticaje (<https://serc.carleton.edu/hydromodules/steps/166250.html>)

Da bi se razumelo kako funkcioniše analiza učestalosti poplava, neophodno je razumeti koncept povratnog perioda. Teorijska definicija povratnog perioda je da je period povratka inverzno proporcionalan verovatnoći da će događaj biti prekoračen u datoj godini. Generalno, period povratka, koji se takođe naziva interval ponavljanja,

daje procenu verovatnoće bilo kog događaja u jednoj godini. Ovi događaji uključuju prirodne katastrofe kao što su poplave ili zemljotresi. Periodi povrata se koriste za efikasnije razumevanje rizika od događaja u odnosu na jednostavno navođenje verovatnoće.

Na primer, period povratka od 10 godina odgovara poplavi čiji je verovatnoća prekoračenja 0,10 ili šansa od 10% da će se proticaj premašiti u jednoj godini. Najčešća zabluda o periodima povratka, na primer, 100-godišnji period povratka je da će se poplava ove veličine desiti samo jednom u 100 godina. Neophodno je razumeti da ako se poplava sa povratnim periodom od 100 godina dogodi sada, to ne znači da se još jedna poplava ove veličine neće dogoditi u narednih 100 godina. Period povratka jednostavno daje procenu verovatnoće prekoračenja datog proticaja. Na primer, ako je 100-godišnji period povratka proticaja za reku Dunav 5000 m³/s, to znači da postoji šansa 1 prema 100 ili 1% da će ovaj proticaj biti prekoračen u datoj godini.

Poplave u Srbiji

Na teritoriji Srbije potencijalno plavne površine zahvataju površinu od 1,6 miliona hektara i na njima se nalazi oko 500 većih naselja i 515 industrijskih objekata. Poplave ugrožavaju i 680 km železničkih pruga i oko 4.000 km puteva, a problem izlivanja velikih voda javlja se praktično na svim rekama, kako velikim, tako i malim.

Jedna od najkatastrofalnijih polava u novijoj istoriji naše zemlje odigrala se 2000. godine. Naime, topljenje snega na Karpatima i obilne padavine podigle su nivo vode u reci Tamiš. Nasip u Rumuniji je popustio pa se voda izlila prema Banatu. U banatskim selima Jaša Tomić i Međa izlilo se 300 miliona m³ vode. Potopljeno je 13000 hektara oranica, uništeno je 830 raznih objekata, od kojih su skoro polovina stambeni. Što se tiče stočnog fonda, u poplavama je uginulo 110 goveda i oko 3.000 svinja. Evakuacija ljudi i drugih dobara odvijala se u uslovima nadiranja poplavnih voda u noći između 20. i 21. aprila. Ugrožena je površina od 50.000 ha sa 20.000 stanovnika u opštinama Sečanj i Žitište, i 35.000 ha i 14.000 stanovnika u opštini Plandište. Od 3.235 stanovnika Jaše Tomića, evakuisano je 2.000 iz 585 kuća koje su bile pod vodom, od kojih se 200 urušilo u prvom naletu vode. Tom prilikom su dve osobe smrtno stradale.

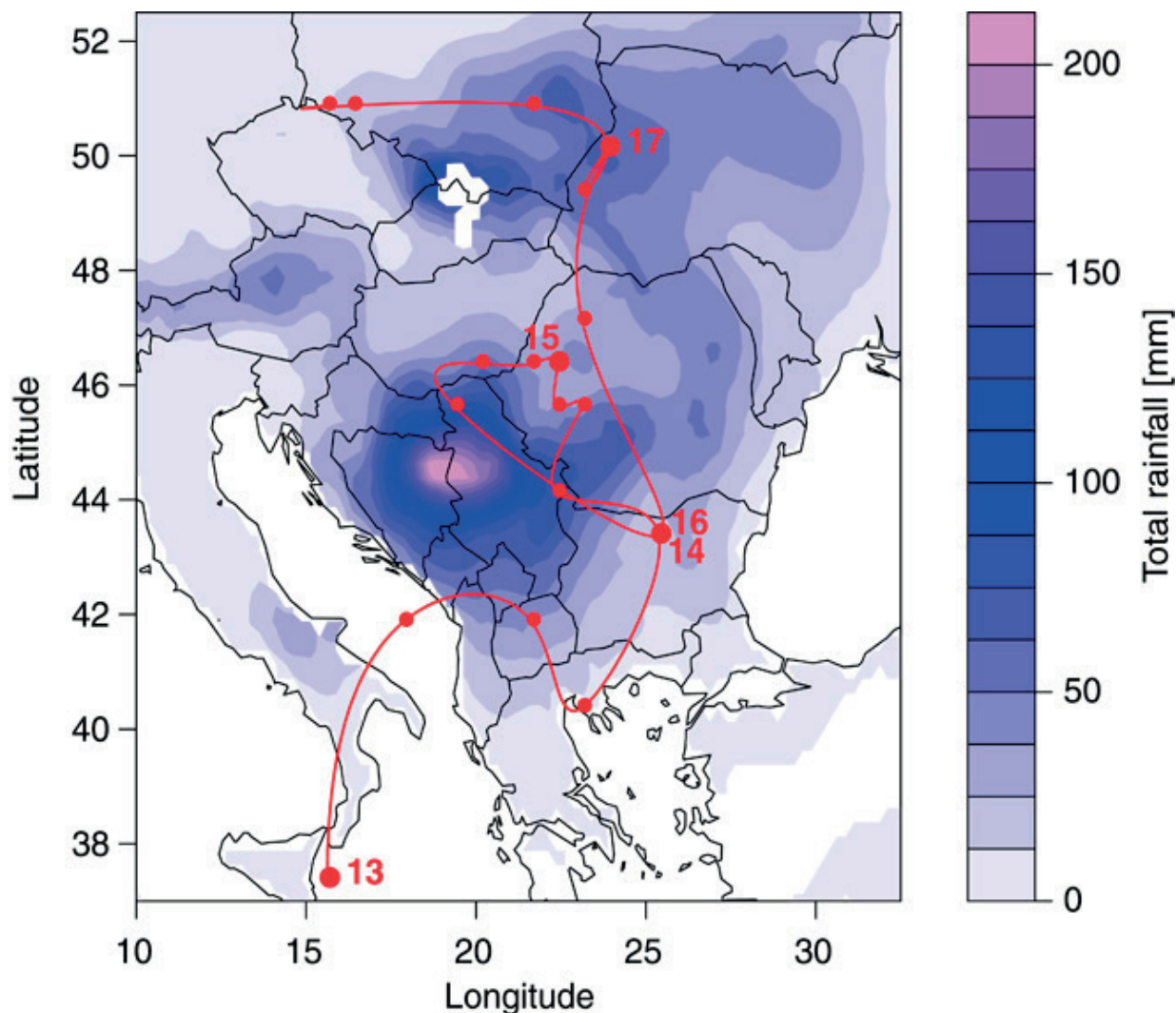
Katastrofalne poplave zadesile su čitav Zapadni Balkan maja 2014. godine. Vanredna situacija prouzrokovana poplavom koju je izazvala obilna kiša u većem delu Srbije, severne Bosne i istočne Hrvatske prouzrokovala je veliku materijalnu štetu, gubitke ljudskih života, uništenje stočnog fonda i degradaciju životne sredine. Velika količina padavina u trajanju od tri dana na teritoriji zapadne i centralne Srbije, severne i istočne Bosne i u Slavoniji prouzrokovala je poplave i pokrenula klizišta. O

katastrofalnim poplavama izveštavali su svi svetski mediji, a njihove uzroke i posledice analizirali su i neki ugledni naučni časopisi. Vlada Republike Srbije proglasila je vanrednu situaciju na teritoriji cele države. Majske sume padavina 2014. godine u Srbiji bile su skoro četiri puta više od prosečne majske sume padavina. Kiša je padala neprekidno od 14. do 16 maja.

Dana 13. maja, ciklon (međunarodno nazvan „Ivet” – Slika 28) prešao je preko Sredozemnog mora u pravcu jugoistočne Evrope. Akumulirao je vlagu i toplotu kada je prešao preko Jadranskog mora i stigao na Balkansko poluostrvo. Iznad Dinarida dolazi do izdizanja toplog i vlažnog vazduha, što pogoduje stvaranju izuzetno velikih količina padavina, koji su se izlučivale tokom naredna 4 dana. Tek 17. maja ciklon je napustio region Balkana, krećući se na sever ka Poljskoj. Količine padavina iz ovog ciklona daleko su premašile vrednosti od prethodnih nedelja. Količine padavina koje su se izlučile u periodu od 13. do 16. maja, prikazane na slici 1, značajno su premašile prosek od 90 mm. Maksimalna količina akumulirana za ova 4 dana dostigla je 210,5 mm na lokaciji otprilike u tromeđi Srbije, Hrvatske i Bosne, što odgovara skoro trostrukoj količini majskih padavina na tom području.

Slika 28 prikazuje putanju ciklona „Ivet” na osnovu najnižih pritisaka u njegovom jezgru i pruža dokaze o stacionarnosti ciklona tokom ovog ekstremnog događaja. Najmanje 72 sata jezgro ciklona je bilo u neposrednoj blizini regiona Balkanskog poluostrva, pre nego što se pomerilo dalje ka severu. Ova putanja se blisko poklapa sa obrascima četvorodnevne analize padavina.

Poplave koje su 2014. godine zadesile teritoriju Srbije spadaju u kategoriju poplava izazvanih ogromnim intenzivnim i ekstremno visokim padavinama, a takođe spadaju u kategoriju katastrofalnih polava. Posledice su bile veoma ozbiljne: 51 osoba je izgubila život, od kojih se 23 udavilo; 32.000 ljudi je evakuisano iz svojih domova, pri čemu je najviše bilo iz Obrenovca, njih 25.000; 5.000 ljudi je privremeno smešteno u kampovima koje su oformili Vlada i Crveni krst Srbije; šest miliona ljudi je direktno ili indirektno pogođeno u čitavoj zemlji; ukupna vrednost uništenih dobara u 24 pogođene opštine iznosi 885 miliona evra i vrednost gubitaka iznosi 640 miliona evra, što daje ukupan iznos od 1,5 milijardi evra. Poplavljeno je 80.000 hektara poljoprivrednih površina, oštećeno ukupno 945 km puteva, uništeno i oštećeno 307 mostova; 110.000 potrošača u 28 opština bilo je pogođeno prekidima u snabdevanju električnom energijom.



Slika 28. Količina padavina (plava boja) iznad Balkanskog poluostrva od 13. do 16. maja 2014. godine. Crvenom bojom prikazano je kretanje ciklona „Ivet“ (Stadtherr et al., 2016)

Kao poseban tip poplava na planinskim vodotocima, izdvajaju se bujične poplave. Njihova pojava se vezuje bujične vodotoke, sa specifičnim hidrološkim i psamološkim režimom (režim nanosa). Osnovna karakteristika bujičnih tokova je neznatna količina vode u većem delu godine, ali veliki proticaji posle intenzivnih padavina. U tom periodu oni postaju dvofazni, odnosno osim vode (tečna faza) transportuju i velike količine nanosa (čvrsta faza), što povećava rizik izlivanja vode iz korita. Slivovi pritoka Južne, Zapadne i Velike Morave predstavljaju najizrazitije bujične slivove u Srbiji. Na teritoriji Srbije, južno od Save i Dunava registrovano je više od 12.000 bujičnih tokova. Najveći broj registrovanih bujičnih poplava zabeležen je u slivu Južne Morave (195), a potom u slivovima Zapadne Morave (157) i Velike Morave (127). Najveći broj bujičnih poplava dešava se u junu, kada je i najveća količina kratkotrajnih ali intenzivnih padavina, pa zatim u maju i julu.

Jedna od najpoznatijih bujičnih poplava desila se na reci Vlasini 26. 6. 1988. godine. Nastala je kao rezultat intenzivnih tročasovnih padavina, kada je na sliv pala trećina prosečne godišnje sume padavina. Rečna bujica nosila je velike mase površinskog nanosa. Vodostaj je naglo porastao sa 42 cm na 500 cm. Poplavni talas je porušio oko 500 kuća, 80 km regionalnih puteva, 32 mosta, branu, tržišni centar i autobusku stanicu u Vlasotincu.

Opštinu Krupanj 15. maja 2014. je pogodila katastrofalna bujična poplava koja je bila rezultat intenzivnih padavina. Tokom dva dana, 15–16. maja u Krupnju je zabeleženo je 2–3 puta više padavina od proseka za mesec maj. Ovo je dovelo do pojave poplavnog talasa izuzetno velikog povratnog perioda (5.000–6.000 godina na bujičnom toku Čađavica, 1.000 godina na Kržavi i 100 godina na Brštici), nastradale su dve osobe, porušeno je 40 stambenih objekata, a ukupna materijalna šteta procenjena na 1,8 milijardi dinara.

Odbrana od poplava

Odbrana od poplava obuhvata odbranu od velikih voda (spoljnih i unutrašnjih) i od nagomilavanja leda, i može biti redovna i vanredna. U slučaju ako postoji opasnost da najavljena hidrološka situacija znatno prevaziđe uslove vanredne odbrane od poplava, i/ili da stanje zaštitnih vodnih objekata i ljudski i materijalni potencijal nisu dovoljni za efikasnu odbranu od poplava, lice određeno operativnim planom obaveštava organ nadležan za vanredne situacije o potrebi proglašenja vanredne situacije.

U praksi postoje dva načina, odnosno dva pristupa za zaštitu terena od poplava: **aktivni i pasivni**. Pod aktivnim pristupom podrazumeva se delovanje na uzrok poplava, odnosno na nastanak velikih voda u slivu. Izgradnja brana i akumulacija u gornjim delovima vodotoka (uzvodno od naseljenih mesta i teritorija koje se štite), retencija, regulacija rečnih korita, izgradnja kanala za velike vode, ali i antierozioni radovi u slivu postupci su koji se smatraju aktivnim pristupom.

Sa druge strane, pasivni pristup odbrane od poplava podrazumeva sprečavanje posledica, odnosno plavljenja većih teritorija. To se postiže izgradnjom odbrambenih nasipa pored vodotoka, a većina reka u Srbiji regulisana je na taj način.

Republički hidrometeorološki zavod Srbije (RHMZ) ima nadležnost za osmatranje, prikupljanje, obradu i identifikaciju uslova za pojavu poplava. RHMZ ima obavezu da svim akterima u odbrani od poplava obezbedi neophodne informacije u pripremnoj, zatim

u fazi aktivne odbrane od poplava, kao i nakon prolaska poplavnog talasa.

Zaštitu od štetnog dejstva voda obezbeđuju: Republika Srbija, autonomna pokrajina, jedinica lokalne samouprave. Zaštita od štetnog dejstva obuhvata mere i radove za zaštitu od poplava na: spoljnim vodama, unutrašnjim vodama, odbrani od leda i zaštiti od erozije i bujica, kao i otklanjanje posledica takvog delovanja voda.

U Srbiji operativna odbrana od bujičnih poplava, koje su i najčešće, realizuje se tako što prvo radarska služba RHMZ-a prati i uočava pojavu oblaka koji uslovljavaju jake pljuskove, a kada očekivan intenzitet i količina padavina prevazilaze gornje granične vrednosti obaveštava krizni štab na ugroženom prostoru. Članovi štaba su u stalnoj vezi sa radarskim centrom RHMZ-a, koji dalje na osnovu razvoja meteorološke situacije i očekivanog talasa bujične poplave, naređuje akcije odbrane na ugroženom bujičnom vodotoku.

Zaštita od poplava predstavlja važan segment vezan za upravljanje rečnim slivom. Na području Srbije je prevashodno primenjivan princip „borbe protiv poplava“ koji je podrazumevao aktivan i pasivan pristup. Princip „borbe protiv poplava“ bio je do poslednjih decenija prošlog veka najčešće primenjivan i u svetu, ali danas je uveden novi – „živeti sa poplavama“. Ovaj novi koncept teži usaglašavanju zahteva „humane“ komponente (zaštite dobara i ljudskih života) i „ekološke“ komponente (očuvanje ili ponovno uspostavljanje prirodnih funkcija i resursa plavnog područja).

Meteorološke i klimatske nepogode

Postepeno zagrevanje atmosfere izaziva brojne i dalekosežne posledice za celokupnu ljudsku zajednicu. Ljudska civilizacija je, i pored snažnog tehnološkog razvoja, i dalje suštinski vezana za prirodne sisteme i direktno zavisi od procesa koji se u njima odvijaju. Direktna posledica klimatskih promena, kao što su porast temperature, topljenje leda, porast nivoa mora i okeana i izmena režima padavina, mogu prouzrokovati značajne probleme u funkcionisanju ljudskog društva. Proizvodnja i dostupnost hrane i vode, zdravlje ljudi, transport, snabdevanje energijom – samo su neki od elemenata na kojima je zasnovano funkcionisanje ljudskih zajednica, a koji su veoma zavisni od klimatskih uslova i mogu

biti značajno destabilizovani klimatskim promenama. Povećanje učestalosti katastrofalnih pojava kao što su poplave, suše, požari, takođe se povezuje sa klimatskim promenama. Može se reći, uz srednji nivo pouzdanosti, da je učestalost suša i poplava porasla u nekim delovima sveta i da je takav trend povezan sa klimatskim promenama. Vrlo je verovatno da će čovečanstvo ubuduće biti izloženo sve većem riziku od ovakvih pojava.

U meteorološke i klimatološke nepogode spadaju ekstremne temperature, toplotni i hladni talasi, ekstremne padavine, olujni vetrovi, suše.

Ekstremne temperature

Čovekov uspravan stav, gola koža i znojne žlezde su sastavni delovi sofisticiranog regulatornog termodinamičkog sistema za hlađenje. Uprkos ovim termoregulatornim prilagođavanjima, ekstremna toplota ostaje jedna od najopasnijih prirodnih opasnosti, sa desetinama hiljada smrtnih slučajeva u najsmrtonosnijim događajima do sada u ovom veku. Dodatni uticaji toplote i vlažnosti šire se od direktnih zdravstvenih ishoda i uključuju smanjene individualne performanse u nizu aktivnosti, kao i ekonomske uticaje velikih razmera. Efekti toplote i vlage su podstakli decenije proučavanja u vojnim, atletskim i profesionalnim kontekstima. Međutim, razmatranje temperature vlažnog termometra (wet bulb temperature - WBT) iz perspektive klimatologije i meteorologije počelo je nedavno.

Poznavanje uslova u ekstremnim temperaturama može poslužiti za razvoj strategija za upravljanje rizikom povezanim sa ovom vrstom prirodnog hazarda. Da temperaturni ekstremi dovode do katastrofalnih posledica, u smislu izgubljenih života, manifestuje se kroz uočene uticaje niza ekstremnih temperaturnih događaja tokom poslednjih nekoliko decenija. Važno je napomenuti da se svih 10 najvećih katastrofa odnose na ekstremno visoke, a ne na niske temperature.

Ljudsko telo najbolje funkcioniše na 37°C. Kada se pregreje i dehidrira, krv se zgusne. Srce mora jače da pumpa, a ono i drugi organi mogu biti ozbiljno oštećeni. Telo ima mehanizme da se oslobodi viška toplote – pre svega znojenjem. Ali u određenom trenutku to ne uspeva, posebno ako je vlažnost visoka i znoj ne može da ispari. Ova situacija može dovesti do toplotne iscrpljenosti (opasno stanje koje karakterišu simptomi poput mučnine, grčeva mišića i vrtoglavice) i smrtonosniji toplotni udar, koji može izazvati delirijum, vruću i suhu kožu i gubitak svesti.

Ekstremne temperature mogu se javiti u velikom rasponu vremenskih (npr. dnevnih, mesečnih, sezonskih, godišnjih, dekadnih) i geografskih skala (npr. od lokalnog do regionalnog do globalnog). Obično se definišu u smislu njihovog položaja u distribuciji posmatranih temperaturnih vrednosti ili kao granična vrednost zabeležena na meteorološkoj stanici.

Ne postoji jedinstvena definicija toplotnog talasa, ali sve koje postoje kažu da je toplotni talas period neuobičajeno (abnormalno) toplog vremena, sa veoma visokim dnevnim i noćnim temperaturama. „Neuobi-

čajeno toplo“ se uglavnom odnosi na lokalne karakteristike klime, tako da temperaturna granica koja treba biti prevaziđena da bi se desio toplotni talas nije ista npr. za Novi Sad i Oslo. Definicije naglašavaju da pojava neuobičajeno visokih temperatura bude osmotrena u trajanju od nekoliko dana, najmanje tri dana. Dužina minimalnog trajanja je često samo tri dana, mada je prema preporuci Svetske meteorološke organizacije (World Meteorological Organisation - WMO) potrebno najmanje pet uzastopnih dana visokih temperatura da bi toplotni talas bio registrovan. Klimatološki, toplotni talasi se opisuju na tri načina – kroz njihovu učestalost (koliko ih je bilo tokom nekog perioda), kroz njihovu dužinu (koliko su dugo trajali) i njihov intenzitet (odnosno za koliko su temperature više od graničnih vrednosti). Toplotni talasi su se dešavali i u prošlosti, sasvim je jasno da je globalno zagrevanje od 1°C, tokom poslednjih sto četrdeset godina, od kada postoje instrumentalna merenja, doprinelo da toplotnih talasa danas ima više, da duže traju i da su intenzivniji nego pre. Prema analiziranim podacima, zagrevanje planete je doprinelo da ih danas globalno ima pet puta više u odnosu na broj koji bi bio očekivan u klimi preindustrijskog perioda, kao i da oni danas zahvataju 50% više teritorije nego sredinom dvadesetog veka.

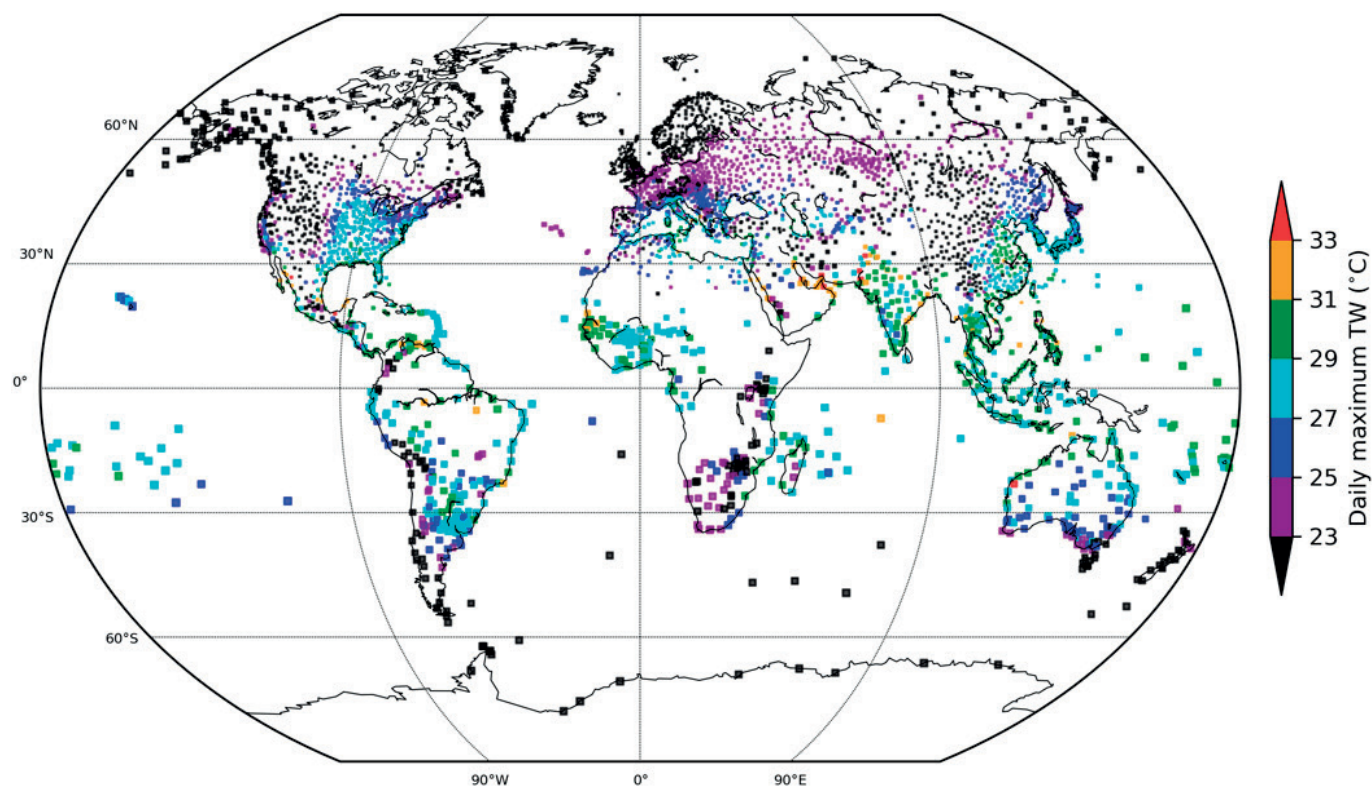
Evropa je, na primer, bila pod uticajem niza intenzivnih toplotnih talasa od početka dvadeset prvog veka. Prema podacima Svetske zdravstvene organizacije (SZO) i raznih nacionalnih izveštaja, ekstremni toplotni talas 2003. doveo je do smrti oko 70.000 ljudi, prvenstveno u Francuskoj i Italiji. Toplotni talas u Rusiji 2010. godine izazvao je veliki gubitak useva, brojnih divljih vrsta i oko 55.000 mrtvih (mnogo u gradu Moskvi). Toplotni talasi se obično javljaju kada sistemi visokog pritiska postaju stacionarni, što dovodi do ekstremnih vremenskih uslova.

Upravo je ovo razlog zašto pojedine zemlje, kao što je Francuska, poslednjih godina vode obimne kampanje informisanja javnosti o nastupajućem toplotnom talasu, i preporukama i merama ublažavanja negativnih efekata, koje idu do obezbeđivanja klimatizovanih prostora u kojima se građani mogu rashladiti u toku najtoplijeg dela dana. Takođe, tokom toplotnih talasa, zabeležene su i epizode masovnog stradanja životinja, kao što je bio slučaj u Australiji i Engleskoj. Tokom trajanja toplotnog talasa poseban doprinos negativnom uticaju na zdravlje ljudi imaju visoke noćne temperature, koje onemogućavaju efikasno regenerisanje organizma tokom sna, pa otuda i često tokom toplotnih talasa ljudi imaju problema sa

spavanjem. Ovo je verovatno jedan od razloga zašto je radi praćenja ove nepovoljne situacije uveden tzv. indeks tropskih noći, odnosno broja dana tokom godine kada minimalna noćna temperatura nije pala ispod 20 °C. Tokom pojedinih toplotnih talasa u prošlosti u našem regionu noćne temperature nisu padale ni ispod 30 °C.

Takođe, relativno visoke vrednosti vlažnosti vazduha tokom toplotnog talasa predstavljaju dodatni rizik za ljudski organizam. Kada je temperatura vazduha bliska vrednosti od 36 °C, koja je inače „radna“ temperatura našeg tela, u slučaju da je vrednost relativne vlage nešto veća, znojenje kao prirodni mehanizam rashlađivanja postaje neefikasno, pa mnoge fiziološke funkcije mogu biti narušene. Kada je u pitanju toplota, ljudsko telo je izuzetno otporno, vlaga u vazduhu je ta koja otežava hlađenje. A vlažnost, usled klimatskih promena, raste. Merenje kombinacije toplote i vlažnosti naziva se „temperatura vlažnog termometra“, i određuje se omotavanjem potpuno vlažnog fitilja oko sijalice termometra. Empirijski se računa koristeći podatke o temperaturi i vlažnosti vazduha. Naučnici koriste ovu metriku kako bi otkrili koji delovi sveta mogu postati previše opasni za ljude, što se toplote tiče. Termin koji se retko upotrebljava – temperatura vlažnog termometra, ne odražava samo toplotu, već

i koliko vode ima u vazduhu. Što je taj broj veći, to je teže da ispari znoj i da se tela ohlade. Na određenom pragu toplote i vlažnosti, nije moguće znojiti se dovoljno brzo da bi se sprečilo pregrevanje tela. Istraživanjima je otkriveno da se Meksiko i Centralna Amerika, Persijski zaliv, Indija, Pakistan i Jugoistočna Azija kreću ka ovom pragu i da će ga, prema procenama klimatskih modela, dostići pre kraja veka. Rizici od vlažne toplote su danas u velikoj meri potcenjeni i dramatično će se povećati u budućnosti. Posebno mogu biti pogođene priobalne lokacije. Blizina vode u ekstremnim uslovima može pogoršati stvari. Kako visoke temperature uzrokuju isparavanje vode, samim tim i vlažnost vazduha se povećava. Temperatura vlažnog termometra koja označava gornju granicu onoga što ljudsko telo može da podnese je 35 °C, pa sve temperature iznad ove vrednosti mogu biti opasne i smrtonosne. Primećeno je da se ove temperature sve češće javljaju u određenim delovima sveta (Slika 29). Učestalost ekstremne vlažne toplote je više nego udvostručena od 1979. godine. Temperature taj smrtonosni prag dostižu na mestima kao što su Južna Azija i Bliski istok i mogli bi da ga redovno prelaze do 2075. godine. Utvrđeno je da su delovi Ujedinjenih Arapskih Emirata i Pakistana prešli granicu od 35 stepeni više od tri puta od 1987. godine.

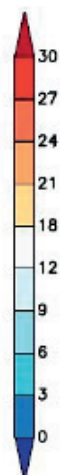
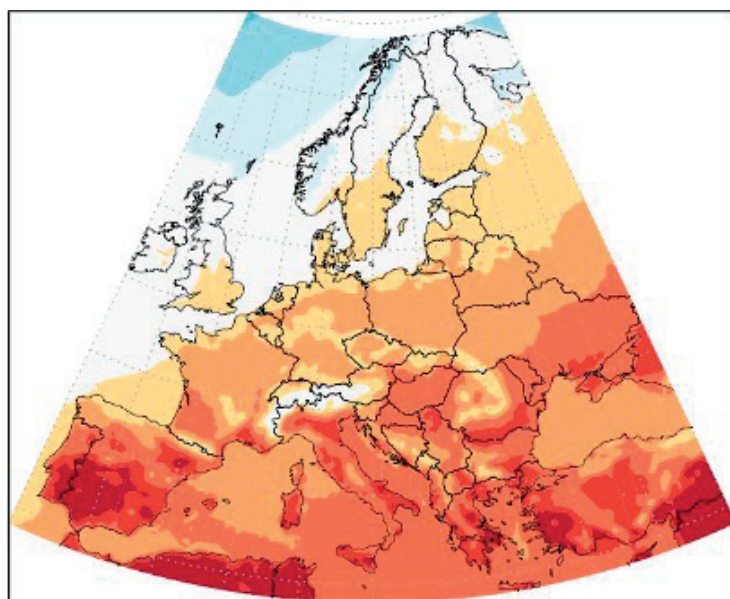


Slika 29. Maksimalna dnevna vrednost vlažnog termometra izmerena na meteorološkim stanicama u svetu (Raymond et al. 2020)

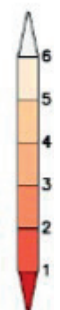
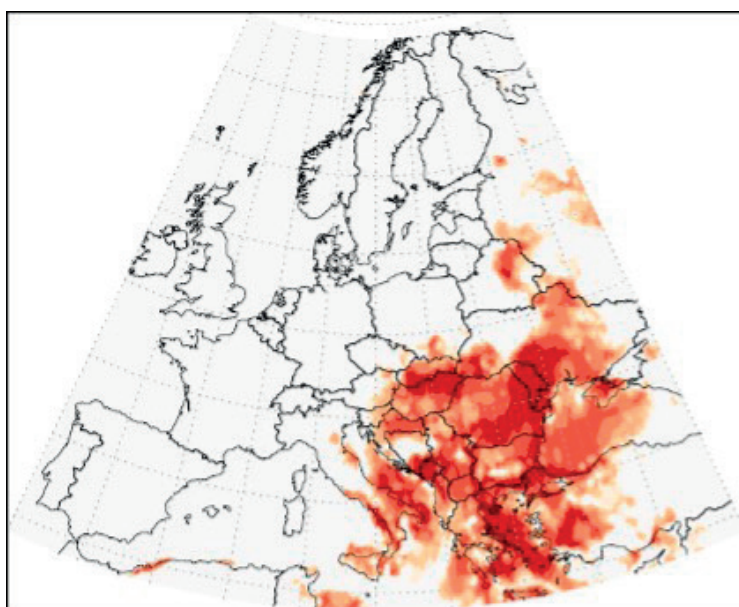
Temperatura vlažnog termometra je jedan od indeksa koji se koristi za istraživanje uticaja veoma visokih temperatura na čoveka. Pored ovog, brojni su i drugi indeksi, a neki od njih se koriste u sistemima ranog upozorenja na toplotne talase. U poslednjih nekoliko decenija došlo je do evidentnog povećanja učestalosti, trajanja i intenziteta toplotnih talasa koji se određuju korišćenjem standardnih maksimalnih temperatura, ali i onih koje se kvantifikuju kao jednostavni biometeorološki indeksi (Apparent Temperature, HUMIDEKS, Heat Index). Štaviše, klimatski modeli predviđaju njihovo intenziviranje u budućnosti.

Sredinom dvadesetog veka u Srbiji se u proseku godišnje dešavao jedan toplotni talas a prosečna dužina trajanja je bila 6 dana, da bi tokom poslednjih 10 godina, prosečan broj toplotnih talasa po godini iznosio skoro 4, dok je njihovo ukupno trajanje u proseku oko 28 dana.

Pored činjenice da su postali češći i da duže traju, u Srbiji su toplotni talasi proteklih godina postali i intenzivniji. Jedan od najintenzivnijih toplotnih talasa dogodio se u julu 2007. godine (Slika 30a), a tokom njega je zabeležena i do sada najviša temperatura od kada postoje merenja kod nas od $-44,9^{\circ}\text{C}$, 24. jula u Smederevskoj Palanci. Nedostajao je samo $0,1^{\circ}\text{C}$ da Srbija uđe u grupu evropskih zemalja u kojima je izmereno 45 ili više. Leto 2007. bilo je najtoplije u Srbiji (Slika 30a). Ovaj toplotni talas iz 2007. koji je zahvatio celu jugoistočnu Evropu, nalazi se u grupi 10 najintenzivnijih toplotnih talasa ikada zabeleženih na starom kontinentu (Slika 30b). Inače, on je i jedan od retkih za koje postoji procena uticaja visokih temperatura na zdravlje ljudi kod nas. Tokom ove višednevne epizode sa izuzetno visokim temperaturama kod starijih osoba je zabeležena dodatna povećana smrtnost od 76% u odnosu na referentne vrednosti za to doba godine.



Slika 30a. Maksimalna letnja temperatura na Balkanu u 2007. godini (Kalkulacija autora na osnovu e-obs gridded data set)



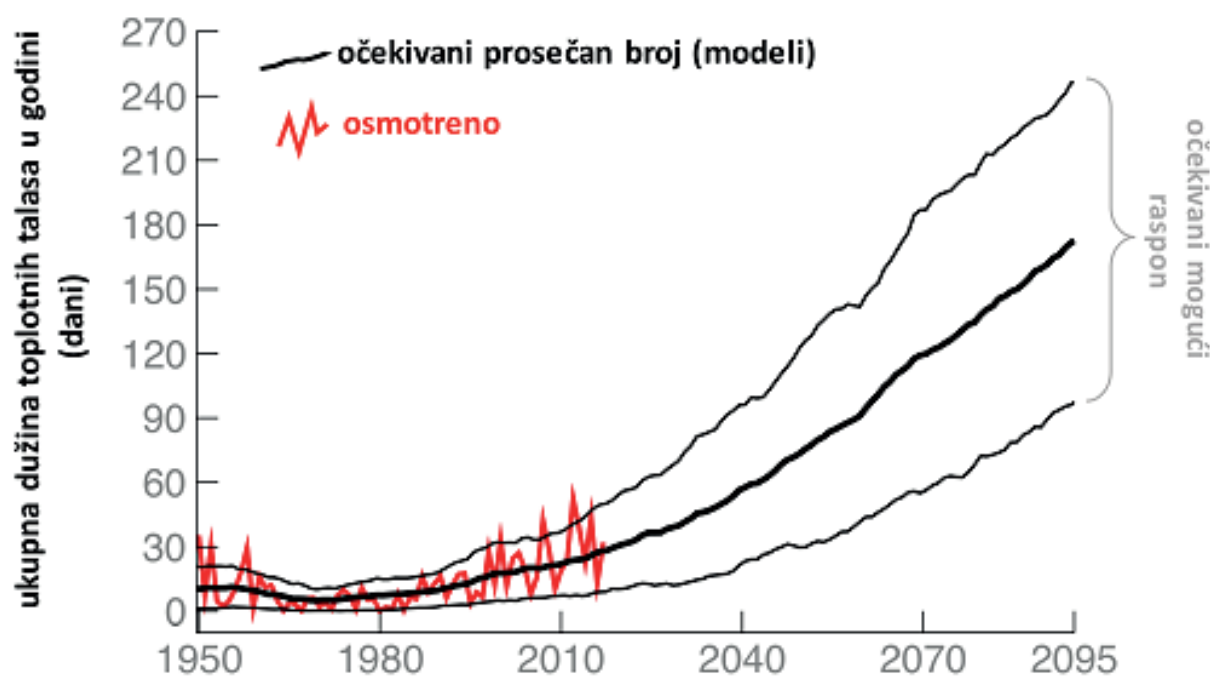
Slika 30b. Leto 2007. godine je bilo najtoplije u periodu od 1950. do 2020. godine (Kalkulacija autora na osnovu e-obs gridded data set)

Tokom trajanja toplotnog talasa poseban doprinos negativnom uticaju na zdravlje ljudi imaju visoke noćne temperature, i ono što je zanimljivo je da je, relativno gledano, broj tropskih noći u Srbiji porastao više nego broj dana sa visokim temperaturama. Tokom pojedinih toplotnih talasa u prošlosti u našem regionu noćne temperature čak nisu ni padale ispod 30 °C.

Ono što sa sigurnošću znamo jeste da u budućnosti leta u našoj zemlji neće postati prijatnija. Koliko više temperature nas očekuju do kraja 21. veka direktno zavisi

od toga u kojoj meri će države promeniti svoj energetske sistem.

Ukoliko se u narednim decenijama ne odustane od fosilnih goriva, i izostane akcija neophodna da se Pariski sporazum ispuni, predviđanja nisu ohrabrujuća. Analize za Srbiju, u slučaju ovog scenarija, pokazuju da ćemo u proseku imati oko četiri toplotna talasa više nego danas, koji će biti znatno duži, ali i da pojedine ekstremne godine mogu biti jedan skoro pa neprekinut toplotni talas (Slika 31). U tom slučaju, imaćemo leta tokom kojih se maksimalne dnevne temperature neće spuštati ispod 35 °C.



Slika 31. Osmotrena ukupna godišnja dužina toplotnih talasa u Srbiji od 1950. do 2017. i procena njihove dužine na osnovu rezultata klimatskih modela do 2095, prema scenariju RCP8.5 (<https://maps.esri.com/globalriskofdeadlyheat>)

Sistemi ranog upozorenja i prilagođavanja

Intenzivni toplotni talasi iz 2003. i 2010. u Zapadnoj Evropi i Rusiji privukli su pažnju naučne javnosti i donosiocima odluka ukazali na neophodnost osmišljavanja i implementacije javnozdravstvenih mera koje bi se fokusirale, skoro isključivo, na sisteme upozorenja na toplotu (HHWS). Ovi sistemi koriste vremenske prognoze za visoke temperature kako bi pružili javna upozorenja u Evropi. HHWS se definiše kao sistem koji koristi meteorološke prognoze za iniciranje akutnih intervencija javnog zdravlja dizajniranih da smanje toplotni uticaj stresa na ljudsko zdravlje tokom ekstremnih vremenskih uslova. Kada temperature ili drugi vremenski faktori pređu određene pragove, HHWS se aktivira. Ovi pragovi se nazi-

vaju okidači, a idealno podešavanje okidača omogućava efikasne i koordinisane reakcije u hitnim slučajevima, efektivnu komunikaciju i, na kraju, smanjenje mortaliteta i morbiditeta od toplote.

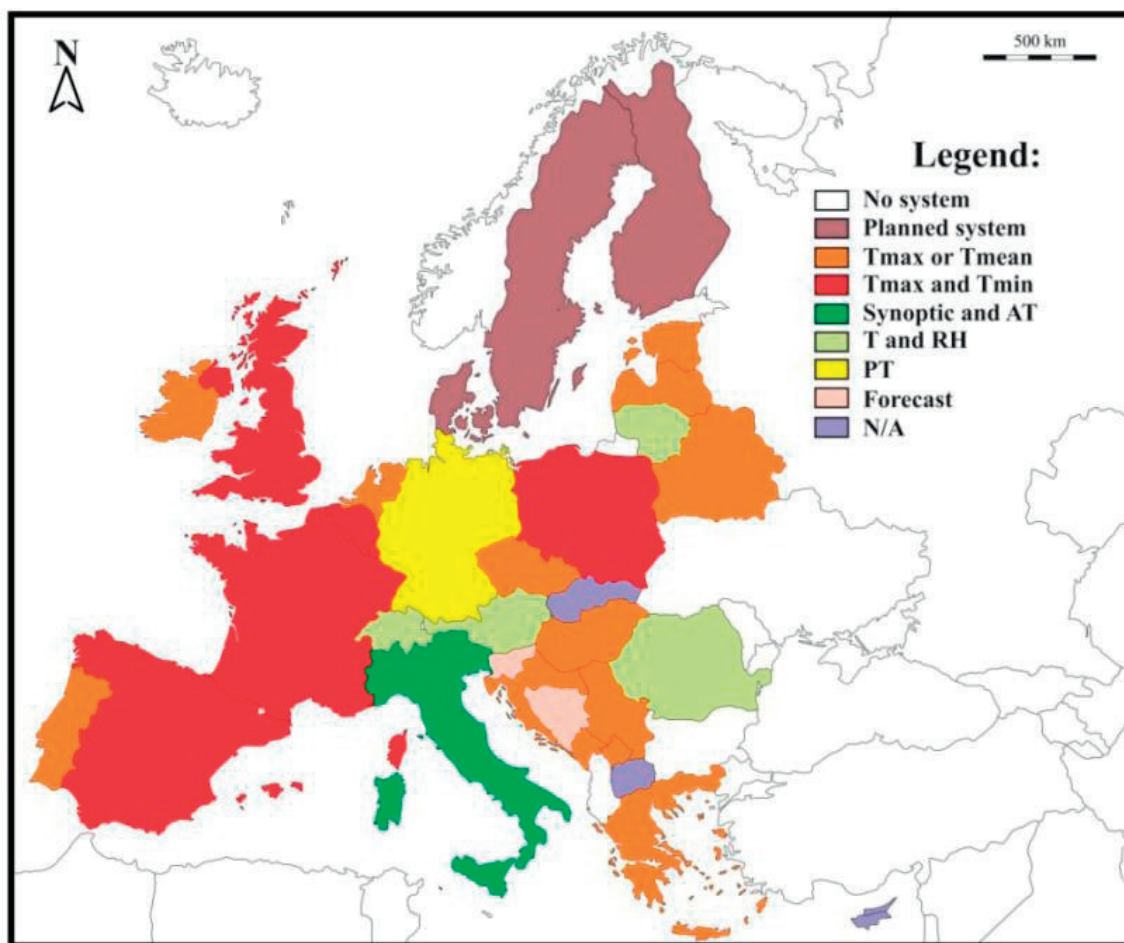
HHWS zavise od određenih pragova koji najbolje opisuju toleranciju ljudskog zdravlja na ekstremne vremenske uslove. Da bi HHWS bio pouzdan, neophodno je uključiti nekoliko elemenata, kao što je konzistentna meteorološka prognoza, temeljno razumevanje odnosa između termičke sredine i kako ona utiče na zdravlje ljudi, efikasne i blagovremene mere reagovanja, kao i uključene zainteresovane strane i donosioci odluka koji imaju dovoljno resursa, kapaciteta, znanja i političke volje za sprovođenje akcija. Korišćenje modernih HHWS postaje

sve važnije, jer ovi sistemi mogu da spasu ljudske živote. Tokom nedavnih toplotnih talasa u Evropi, ukazano je na to da, pored ekonomskog bogatstva i tehnološkog razvoja, kapacitet prilagođavanja uticajima klimatskih promena mora biti poboljšan.

Upravo zato su mnoge oblasti na globalnoj osnovi pokazale veliko interesovanje za suočavanje sa ekstremnim temperaturama. Ovi sistemi postaju jedan od ključnih metoda predviđanja toplotnih događaja a njihovi efekti su tako ublaženi. Dakle, bez obzira na pristup koji se koristi prilikom kreiranja HHWS, nekoliko ključnih faktora treba uzeti u obzir.

Tri najvažnija faktora su prostorna varijabilnost, vremenska varijabilnost i postojanost opresivne vrućine. HHWS obično treba da sadrži podatke o vremenskoj prognozi, procenu odnosa vremena i zdravlja ljudi, sistem za rangiranje upozorenja. Neke verzije sistema upozorenja na toplotne talase koristile su temperaturu vazduha i prekoračenje unapred definisanih pragova dnevnih maksimalnih temperatura za određeni dan. Ovi pragovi su

specifični za region i nisu mogli biti jedinstveni za sve zemlje u Evropi. S druge strane, neki HHWS su zasnovani na minimalnom trajanju toplotnog događaja koristeći različite indekse temperature – vlažnosti ili kombinaciju nekoliko meteoroloških parametara. Tokom 1990-ih pojavile su se nove sinoptičke metode koje identifikuju vazdušne mase povezane sa visokom stopom mortaliteta. Najveći primer je ICARO sistem u Lisabonu, koji koristi odnos između maksimalne temperature i mortaliteta, i izdaje upozorenje kada se definisani prag prekorači. Slično, Nacionalna meteorološka i hidrološka služba u Švedskoj izdaje upozorenje kada su pragovi, na osnovu studije Ministarstva za javno zdravlje i Medicinskog fakulteta Univerziteta Umea – prekoračeni, i oslanjaju se na odnos između temperature i mortaliteta. Bez obzira na razlike, univerzalni cilj bi trebalo da bude identifikacija dana povezanih sa najvećim zdravstvenim posledicama usled ekstremnih vremenskih uslova. Prostorna distribucija operativnih HHWS u Evropi tokom 2009. i 2019. godine prikazana je na slici 32.



Slika 32. Prostorna distribucija operativnih HHWS u Evropi (Basarin et al, 2020)

Predviđa se da će toplotni talasi postati mnogo duži i intenzivniji u budućnosti, pa će zajedno sa skraćivanjem perioda povratka biti potrebno modifikovati postojeće i dizajnirati nove HHWS. U budućnosti, sa promenom klime, HHWS će morati da evoluiraju shodno tome, obezbeđujući održivost i kontinuiranu efikasnost. Postoji nekoliko veoma važnih izazova za adaptivno upravljanje HHWS-om, kao što je ažuriranje pragova na kojima se upozorenja izdaju. Pragovi će najverovatnije biti promenjeni zbog aklimatizacije stanovništva na buduće ekstremne toplotne događaje.

Suša

Suša je pojava koja se javlja kada se na nekom području pojavi značajan manjak vode kroz neko vremensko razdoblje. One su kompleksna prirodna nepogoda koja u različitoj meri pogađa neke delove sveta svake godine. Nasuprot svim drugim prirodnim fenomenima, suša je nezgoda okarakterisana akumuliranim nedostatkom vode. To je fenomen koji se polako razvija i zahvata šira područja. Za katastrofu prouzrokovanu sušom se tradicionalno verovalo da zahvata šira područja (delove) u regionima gde je normalno snabdevanje vodom ograničeno. Posledice suša su često dramatičnog ishoda i vode u glad i umiranje hiljada ljudi. Čak iako suše ne predstavljaju pretnju za život u industrijalizovanim zemljama, svest o ranjivosti ljudi kada su suše u pitanju je sve veća, najviše usled ekonomskih posledica suša.

Suša se definiše na različite načine, ali osnova svake definicije je da ona predstavlja nedostatak padavina u određenom vremenskom periodu, odnosno stanje bilansa između padavina i evapotranspiracije u određenoj oblasti. Dve osnovne grupe definicija suše postavljene su u zavisnosti od toga da li se odnose na suštinu pojave ili na njeno delovanje. Prvoj grupi pripadaju konceptualne, i one omogućavaju shvatanje suštine ove pojave i koriste se se prilikom uspostavljanja mera zaštite. Drugoj grupi pripadaju operacionalne, koje se koncentrišu na određivanje početka, kraja i intenziteta suše. Pojava suše postaje sve češća u celom svetu i pogađa razvijene kao i nerazvijene zemlje. Do sada naučnici nisu našli pouzdaniju metodu za sigurno predviđanje suše, tako da je nije moguće predvideti verovatnosnim pristupom kao ni njene prognoze u realnom vremenu. Ali, bez obzira na navedeno, prateći i analizirajući brojne meteorološke, hidrološke i hidrogeološke parametre, sušu je ipak moguće naslutiti, a time na neki način i predvideti.

Nasuprot drugim prirodnim nesrećama, suša se pojavljuje polagano, traje dugo, i zahvata velika područja, iako njenu prostornu raspodelu nije moguće unapred tačno locirati. Suša se dešava polako, retko izaziva brze i dramatične gubitke u ljudskim životima, ali zbog pojave gladi i požara uzrokovanih sušom, kao direktne posledice, gubici u ljudskoj i životinjskoj populaciji ponekad su drastičniji u odnosu na bilo koju drugu prirodnu katastrofu. Suše su po prirodi regionalne, obično pokrivaju šira područja, traju duže nego drugi ekstremi, npr. poplave. Zbog toga je posebno potrebno proučavati suše kroz regionalni kontekst.

Suše se mogu podeliti na:

1. Meteorološke suše, koje podrazumevaju deficit padavina u odnosu na normalne meteorološke uslove. To je oblik suše koji se najlakše identifikuje i često se karakteriše sunčanim i toplim vremenom;
2. Hidrološke suše su tip suša koje nastupaju kada usled manje količine padavina i deficita vode u tlu dođe do smanjenja vodnih resursa na nekom području, u smislu količine površinskih i podzemnih voda.
3. Poljoprivredne suše, sa druge strane, definišu se kao posledica nedostatka padavina u sprezi sa odgovarajućim isparavanjem vode iz tla, što u zbiru dovodi do deficita vode u tlu. Konačno, odgovarajući deficit vode u tlu ima direktne posledice na razvoj poljoprivrednih kultura.
4. Socioekonomske suše nastaju kada svi prethodno navedeni tipovi dovedu do eksplicitnih poremećaja u socioekonomskim tokovima. Najbolji primer socioekonomske suše u Srbiji je suša iz 2012, kada je zbog značajnog nedostatka padavina tokom leta, pored znatno manjeg prinosa kukuruza, došlo i do pojave aflatoksina u njemu. Kasnije se se ovaj toksin preneo u kravlje mleko, jer je kukuruz korišćen u njihovoj ishrani. Konačno, mleko sa povišenom količinom aflatoksina, u odnosu na zakonom propisane vrednosti, našlo se u prodaji, što je proizvelo nezadovoljstvo javnosti i neku vrstu mini političke krize.

Porast temperature, usled klimatskih promena, posebno pogoduje bržem razvoju i intenziviranju poljoprivrednih i hidroloških suša, za koje je bitna i količina vode koja ispari iz tla, ali i brzina kojom isparava. Zbog viših temperatura, voda lakše isparava, pa i manji deficiti u padavinama mogu dovesti do pojave intenzivnije suše, u smislu bržeg i lakšeg narušavanja ukupnog bilansa padavina i isparavanja.

Usled dužeg zadržavanja anticiklalnog vremena u nekom regionu, dolazi do smanjenja padavina i pojave suša. Leti je suša obično praćena visokim temperaturama i niskom vlažnošću vazduha, a ponekad i pojačanim vetrom, koji značajno pojačavaju intenzitet suše. Suša se može pojaviti u bilo koje doba godine, u zavisnosti od vremenske raspodele i efektivnosti padavina, tj. njihovog intenziteta i broja dana sa padavinama.

Brzi gubitak vlage u zemljištu usled suša dovodi do negativnog uticaja na normalni rast i razvoj biljaka. Zbog nedostatka vode, biljke su uvele, mlitavog tkiva i opuštenih listova i stabala. Usled dugotrajnije suše, biljka se teže obnavlja pa uvelost postaje trajna i dovodi do smrti biljke.

Standardizovani indeksi se koriste za analizu suša u različitim domenima ciklusa vode (npr. padavine, klimatski bilans vode, vlažnost zemljišta, rečni tok, podzemne vode). Među meteorološkim indikatorima, najpoznatiji

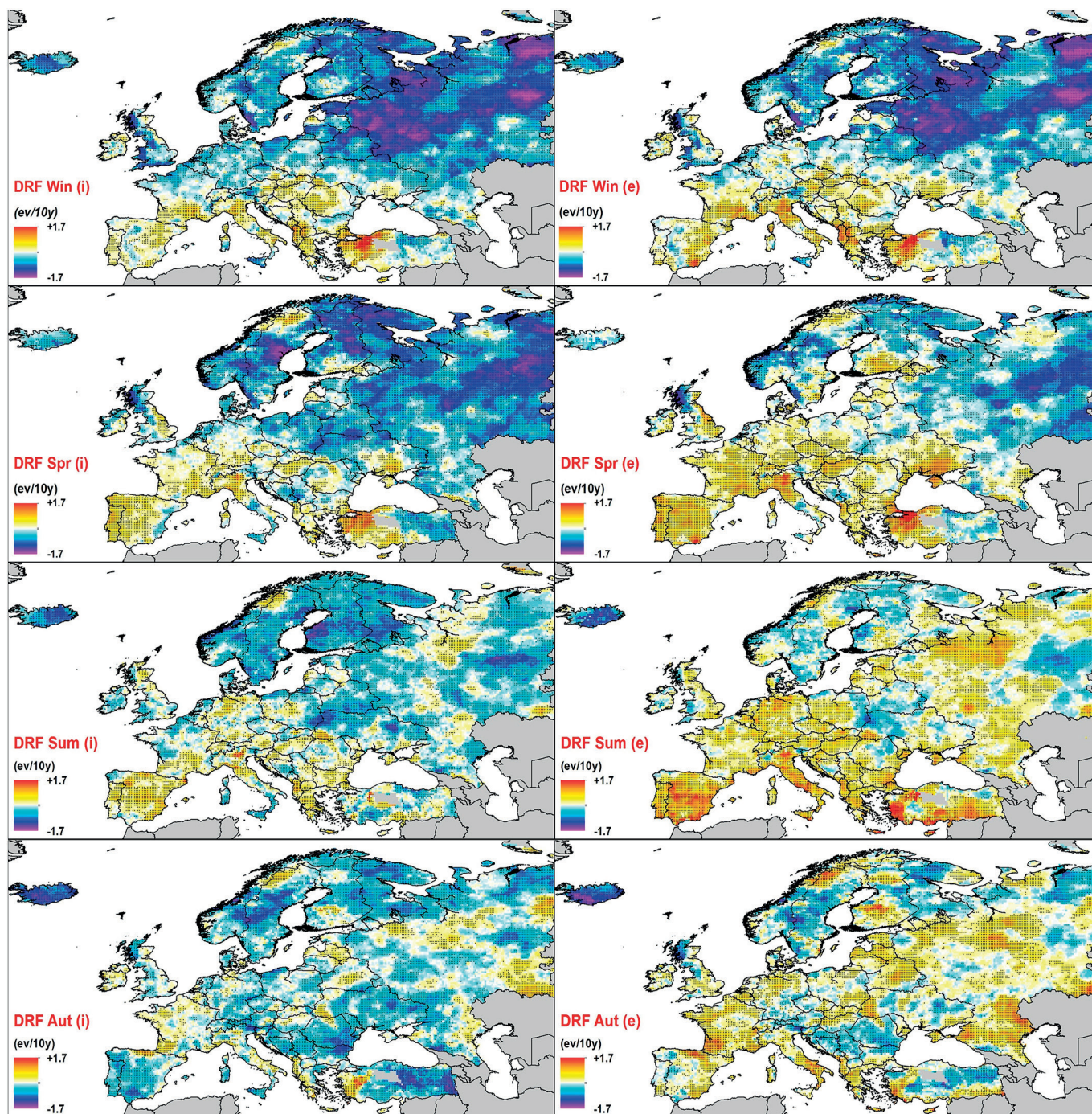
su Standardizovani indeks padavina (Standardised Precipitation Index – SPI) i Standardizovani Padavine-Evapotranspiracija Indeks (Standardised Precipitation Evapotranspiration Index – SPEI) (Tabela 11). SPI je indeks koji se zasniva na izračunavanju verovatnoće padavina za izabrani vremenski period. Mnogi korisnici cene prilagodljivost ovog indeksa kada se radi o prostornim i vremenskim razmerama na kojima može da se primeni, te je u širokoj praktičnoj primeni. Može se izračunati za različite periode akumulacije padavina (npr. 1–48 meseci) i statistički se može povezati sa uticajima u različitim ekonomskim i ekološkim sektorima. SPEI ima slične karakteristike, ali uključuje i potencijalnu evapotranspiraciju. Skorašnje studije su pokazale da, uključujući potencijalnu evapotranspiraciju, može obezbediti korisno rano upozorenje na sušu. Upotreba SPI i SPEI u hladnijim regionima ima neka ograničenja, jer ovi indeksi ne razlikuju kišu i sneg, što utiče na dostupnost vode tokom godine (akumulacija i otapanje snega). Indikatori koji se odnose na vlagu, kao što su Indeks ozbiljnosti suše zasnovan na vlažnosti zemljišta (Soil Moisture-based Drought Severity Index) ili Palmerov indeks ozbiljnosti suše (Palmer Drought Severity Index) imaju za cilj da okarakterišu uticaj suše na vođeni stres biljaka. Hidrološki indikatori su često zasnovani na metodi kvantifikovanja deficita vode u rekama i akumulacijama.

Tabela 11. Klase suše prema različitim indeksima (Spinioni et al., 2022)

SPI i SPEI	PDSI	Kategorija
>2.00	>4.00	<i>Ekstremno vlažno</i>
1.50 do 1.99	3.00 do 3.99	<i>Veoma vlažno</i>
1.00 do 1.49	2.00 do 2.99	<i>Umereno vlažno</i>
0.50 do 0.99	1.00 do 1.99	<i>Pomalo vlažno</i>
-0.49 do 0.49	-0.99 do 0.99	<i>Normalno</i>
-0.99 do -0.50	-1.99 do -1.00	<i>Pomalo sušno</i>
-1.49 do -1.00	-2.99 do -2.00	<i>Umereno sušno</i>
-1.99 do -1.5	-3.99 do -3.00	<i>Veoma sušno</i>
<-2	<-4	<i>Ekstremno sušno</i>

Svetska meteorološka organizacija je 2016. godine objavila Priručnik indikatora suše i Indeksa, koji pruža strukturirane informacije o najčešće korišćenim indeksima za identifikaciju prostornog obima, početka, trajanja i ozbiljnosti sušnih događaja. Ove informacije omogućavaju izbor odgovarajućih indikatora za praćenje suše i rano upozorenje. Istorijski trendovi i buduće projekcije meteoroloških suša u Evropi istraživani su u brojnim studijama, uz korišćenje kombinacije

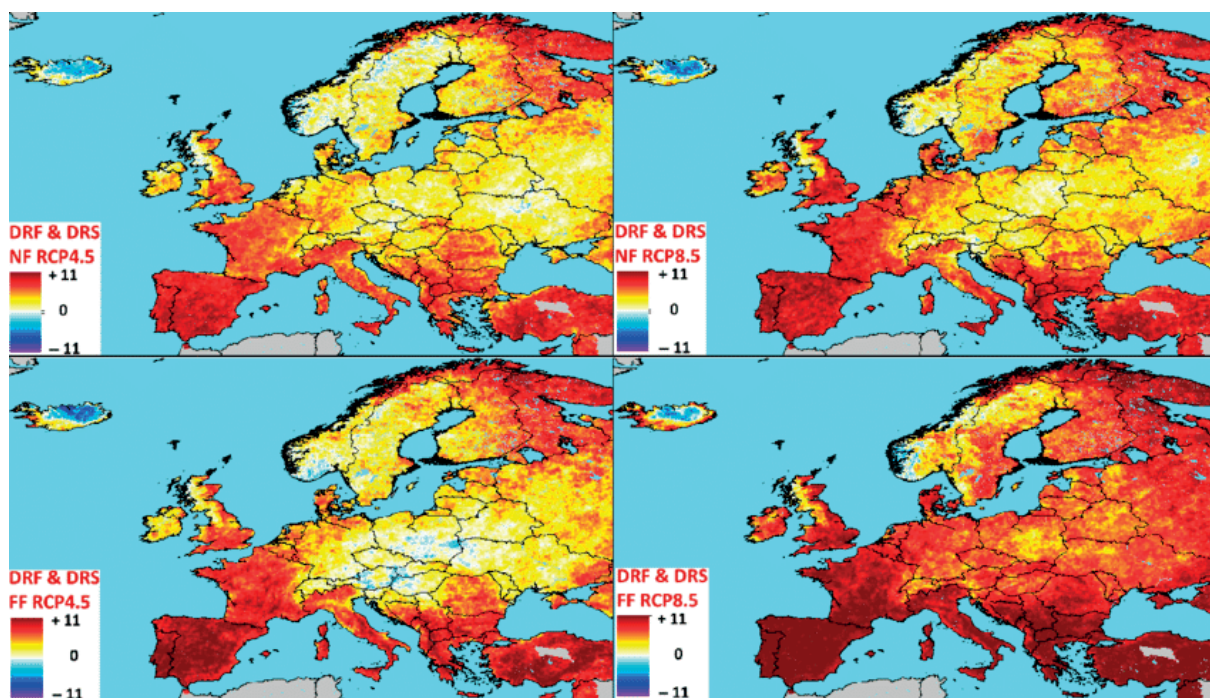
indikatora zasnovanih na padavinama i temperaturama. Analizirane su suše na sezonskim i godišnjim nivoima i obuhvatan je period 1951–2015. za analizu trenda, i 2041–2100, za buduće klimatske projekcije za umereni (RCP4.5) i ekstremni (RCP8.5) klimatski scenario. U proteklih šest i po decenija severna i istočna Evropa iskusile su smanjenje učestalosti suša, dok su južna i zapadna Evropa doživele porast u učestalosti i intenzitetu suše, posebno u regionu Mediterana (Slika 33)



Slika 33. Trend učestalosti suša za period 1951–2015. na sezonskom i godišnjem nivou (Spinioni et al., 2022)

Slika 33 pokazuje da opisane prethodne tendencije suše će verovatno opstati u narednim decenijama za zimске mesece, dok će u ostalim godišnjim dobima, posebno leti, cela Evropa (isključujući delove Islanda i Skandinavije) doživeti povećanje učestalosti suša. Na godišnjem nivou razmera, a prema oba klimatska scenarija, tendencije suša su u južnoj i zapadnoj Evropi predviđeni da postanu

još intenzivnije, s tim da će mediteranska regija posebno snažno biti pogođena. Efekti projektovanog porasta temperature na meteorološke suše verovatno će nadmašiti efekte predviđene povećanjem padavina nad severnom Evropom i delom istočne Evrope, što će rezultirati čestim sušama za oba scenarija na ovim teritorijama do kraja 21. veka (Slika 34).



Slika 34. Učestalost suša u period 2071–2100 za dva klimatska scenarija, umereni RCP4.5 i ekstremni RCP8.5 (Spinioni et al., 2022)

Na globalnom nivou, prošli trendovi u učestalosti i intenzitetu suše su još uvek predmet rasprave. Mnogi autori analizirali su dosadašnje globalne i regionalne trendove i otkrivene su samo male promene u pojavi i obimu suše proteklih 60 godina. Međutim, na regionalnom nivou, značajni trendovi se mogu videti za delove Mediterana i severni, zapadni i centralni deo Afrike, kao i za delove Istočne i Severoistočne Azije, u delovima južne hemisfere preovladavaju trendovi vlaženja, u Americi i Australiji.

Hidrološka suša potiče od privremenog nedostatka padavina i/ili od temperaturnih anomalija na velikoj površini, i može dalje biti otežana drugim klimatskim faktorima, poput jakih vetrova ili niske relativne vlažnosti. Dugotrajno smanjenje padavina može dodatno pogoršati hidrološke suše kroz iscrpljivanje podzemnih voda i naknadno smanjenje baznog toka. Dodatno, antropogeni pokretači, kao što su intenzivno korišćenje vode i loše upravljanje vodom, mogu pogoršati uslove slabog protoka u slivovima, što dovodi do posledičnog povećanja ranjivosti do hidrološke suše. Trendovi istorijskih godišnjih protoka u

Evropi potvrđuju obrasce meteorološke suše sa izraženim trendovima u južnim i istočnim delovima Evrope.

Mnogi rečni slivovi u Evropi verovatno će biti više pogođeni teškim hidrološkim sušama. Predviđene promene predstavljene u različitim studijama zavise od izabranih indeksa suše (npr. minimalni protok, deficit toka), klimatskog scenarija, vremenske i prostorne rezolucije klimatskog signala i hidrološke reprezentacije. Međutim, pojavljuju se neki koherentni obrasci.

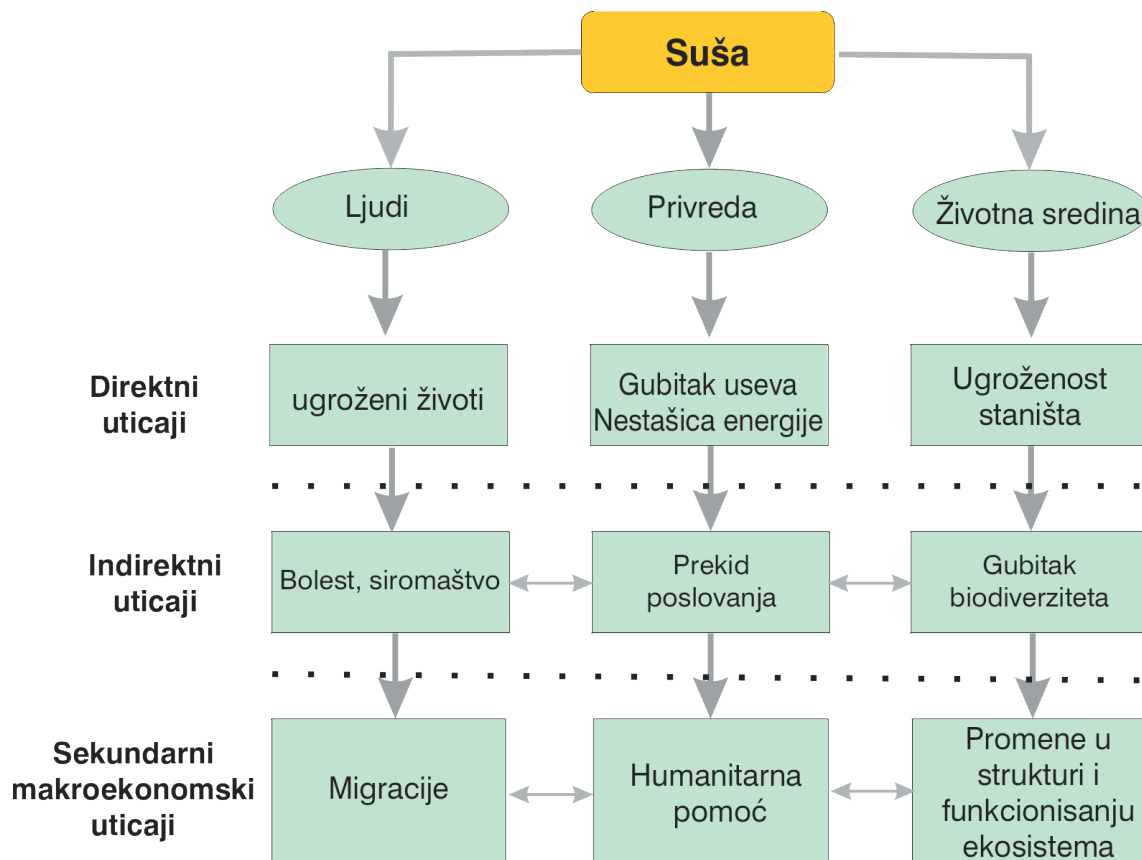
Istraživačke studije zasnovane na klimatskim i hidrološkim multimodelnim ansamblima pokazuju stalnu sušu, kao i intenziviranje i po veličini i po učestalosti u Jugozapadnoj Evropi. Glavni pokretači su smanjena količina padavina i povećana potencijalna evapotranspiracija. Trend niskih voda (malih protoka) će se u ovom regionu povećati do 40%. Buduća potrošnja vode za potrebe domaćinstava, turizma, energetike, proizvodnje, poljoprivrede i stočarstva će pogoršati hidrološke suše za 10–30% u južnoj, zapadnoj i centralnoj Evropi.

Uticaj suše na okruženje

Uticaji se obično mogu podeliti na **direktne** i **indirektne**. Smanjen rod letine, produktivnosti pašnjaka i šuma, povećana opasnost od požara, smanjeni nivoi vode, povećanje stope mortaliteta stoke i divljih životinjskih vrsta, kao i promena uslova staništa i populacije riba – samo su neki od primera direktnog uticaja. Indirektni uticaji mogu rezultirati smanjenjem prihoda od poljoprivredne proizvodnje, povećanjem cena hrane i drvne građe, nezaposlenošću i dr. U ekstremnim slučajevima

može rezultirati privremenom ili trajnom nezaposlenošću ili čak prekidom poslovanja i dovesti do neuhranjenosti i bolesti u ranjivijim zemljama.

Slika 56. šematski ilustruje moguće direktne i indirektne društvene, ekonomske i uticaje na životnu sredinu. Jer po svojoj prirodi (tj. zavisnost sredstava za život i ekonomskih sektora od vode), većina uticaja suše su indirektni. Ovi indirektni efekti mogu brzo da se šire kroz ekonomski sistem, utičući na regione udaljene od predela nastanka suše.



Slika 35. Šematski prikaz uticaja suše (Spinioni et al., 2016).

Uticaji suše mogu se podeliti na: ekonomske, socijalne i uticaje na prirodno okruženje (Slika 35). Suša uglavnom pogađa poljoprivredu, turizam i rekreaciju, šumarstvo i energetske sektore. Socijalni i prirodni uticaji su takođe značajni, iako je teško precizno odrediti štetu ovih uticaja.

Društveni uticaji obuhvataju javnu bezbednost, zdravlje ljudi, moguće konflikte između korisnika vode, kao i smanjenje kvaliteta života. Migracije su značajan problem, često stimulisan većom dostupnošću hrane i vode u drugim regionima ili zemljama. Migracije su obično usmerene ka urbanim sredinama u granicama

tog područja, ili ka nekim drugim područjima, koja su izvan sušnog područja. Ostale socijalne posledice su:

- nejednak uticaj suše na socioekonomske, etničke i starosne grupe,
- smanjenje kvaliteta života i promene u načinu života,
- smanjenje količine hrane,
- porast gladovanja, širenje bolesti i smrtni ishodi,
- ugrožena javna bezbednost usled pojave šumskih požara,
- migracije stanovništva,
- povećan broj konflikata.

Ekonomске posledice ogledaju se u smanjenom ekonomskom rastu. To su, pre svega:

- gubici u poljoprivrednoj proizvodnji,
- gubici u drvnj proizvodnji, bolesti drveća i šumski požari,
- gubici u proizvodnji ribe i štetan uticaj na staništa,
- gubici industrija koje direktno zavise od poljoprivredne proizvodnje,
- smanjenje zaliha vode, preraspodela vode i povećani troškovi transporta,
- gubici u sektoru rekreacije i turizma,
- povećanje nezaposlenosti zbog smanjenja proizvodnje usled suše.

Problemi vezani za uticaje na okruženje rezultiraju ugrožavanjem biljaka i životinjskih vrsta, njihovih staništa, kvaliteta vode i vazduha; šumskim požarima; degradacijom kvaliteta pejzaža; erozijom tla.

Suše u Srbiji

Na osnovu odnosa između prosečne godišnje sume padavina i srednje godišnje temperature vazduha, koji su korišćenj za računanje Langovog kišnog faktor, došlo se do zaključka da najveći deo teritorije Srbije ima semi-aridnu i semihumidnu klimu. Drugim rečima, može se zaključiti da je veći deo teritorije Srbije ugrožen sušom. Iako u Srbiji trenutno ne postoji jasan trend u promeni ukupne količine akumuliranih padavina na godišnjem nivou, odnosno godišnje padavine su slične onim iz prošlosti, jasno je uočen povećan broj intenzivnih suša tokom toplijeg dela godine. Okvirno od početka marta do kraja avgusta. Na meteorološkoj stanici u Beogradu za koju postoje osmatranja od 1888. godine, do 1970. je bilo zabeleženo 3 intenzivnih epizoda siše, dok je isti broj njih bio zabeležen u skoro duplo kraćem vremenskom intervalu nakon 1970. pri čemu je veći broj bilo zabeležen posle 2000. Najjača ikada zabeležena suša bila je 2003. Sa druge strane u Srbiji, je osmotren i signal intenziviranja i povećane učestalosti ekstremnih padavina u kratkim vremenskim intervalima. Tako da je u zemlji slika promene režima padavina, koji donose klimatske promene, u smislu proširenja sušnih perioda, koji su prekinuti intenzivnim padavinama, vrlo jasna. Ono što pokazuju klimatski modeli jeste da u budućnosti možemo očekivati nastavak ovog nepovoljnog trenda. Tako na primer, ukoliko Pariski sporazum ne bude ispunjen do kraja ovog veka, treba očekivati da će se suša, intenziteta kao iz 2012. događati osam puta u deset godina,

dok je trenutna učestalost takvog događaja dva puta u deset godina.

Na osnovu količine padavina i temperature na teritoriji Srbije izdvojene su sledeće oblasti:

1. Oblasti najugroženije sušom na teritoriji Srbije su: Niško-leskovačka kotlina sa Dobričkom, Belopalanačkom i Aleksinačkom kotlinom, Vranjska i Gnjilanska kotlina, ravan Kosova, Metohija, Negotinska krajina i severoistočna Bačka sa severnim Banatom;
2. Umereno sušne oblasti u preostalom delu Vojvodine (Srem, zapadna i južna Bačka, južni Banat), Mačva, Podunavlje, dolina Velike i Zapadne Morave i veći deo Šumadije;
3. Umereno vlažne oblasti koje zahvataju Podrinje, Valjevsku podgorinu kao i planinske predele do 1.000 m nadmorske visine u zapadnoj i jugoistočnoj Srbiji i Karpatsko-banatski planinski venac u istočnoj Srbiji;
4. Veoma vlažne oblasti predstavljene su najvišim planinskim područjima Srbije, a to su: Šara, Prokletije, visoke planine Starog Vlaha, Kopaonik, Stara planina, područje Vlasine.

Odeljenje za agrometeorologiju RHMZ-a proučava agroklimatski potencijal i njegove promene usled klimatskih varijacija i promene klime, i utvrđuje rizike od štetnih meteoroloških pojava (suša, mraz itd.). Sušu, kao elementarnu nepogodu, proglašava republička vlada na zahtev opština. Rizik od suše se određuje na osnovu učestalosti, intenziteta i prostora koji suša zahvata, kao i osetljivosti stanovništva i aktivnosti na efekte suše. Step i osetljivost regiona zavise od socijalnih i prirodnih karakteristika tog regiona, i oni se mere sposobnošću da se predvide suše, da se bore sa njom i saniraju štete od suše.

Ekstremne padavine

Ekstremne padavine imaju veliki uticaj na ljudsko društvo, zemljište i ekosisteme uopšte. Razumevanje kauzalnih veza između ekstremnih meteoroloških događaja i faktora aktiviranja erozije izazvanih klimatskim uslovima je vrlo važno u kontekstu procene ranjivosti i adaptacije na klimatske promene. Predviđanja koja je objavio IPCC ukazuju na to da će ekstremni događaji vrlo verovatno promeniti svoj intenzitet, frekvenciju i prostornu distribuciju u 21. veku. Izveštaj ukazuje na antropogeni uticaj kao verovatni uzrok izraženije klimatske varijabilnosti i promena u hidrološkom ciklusu,

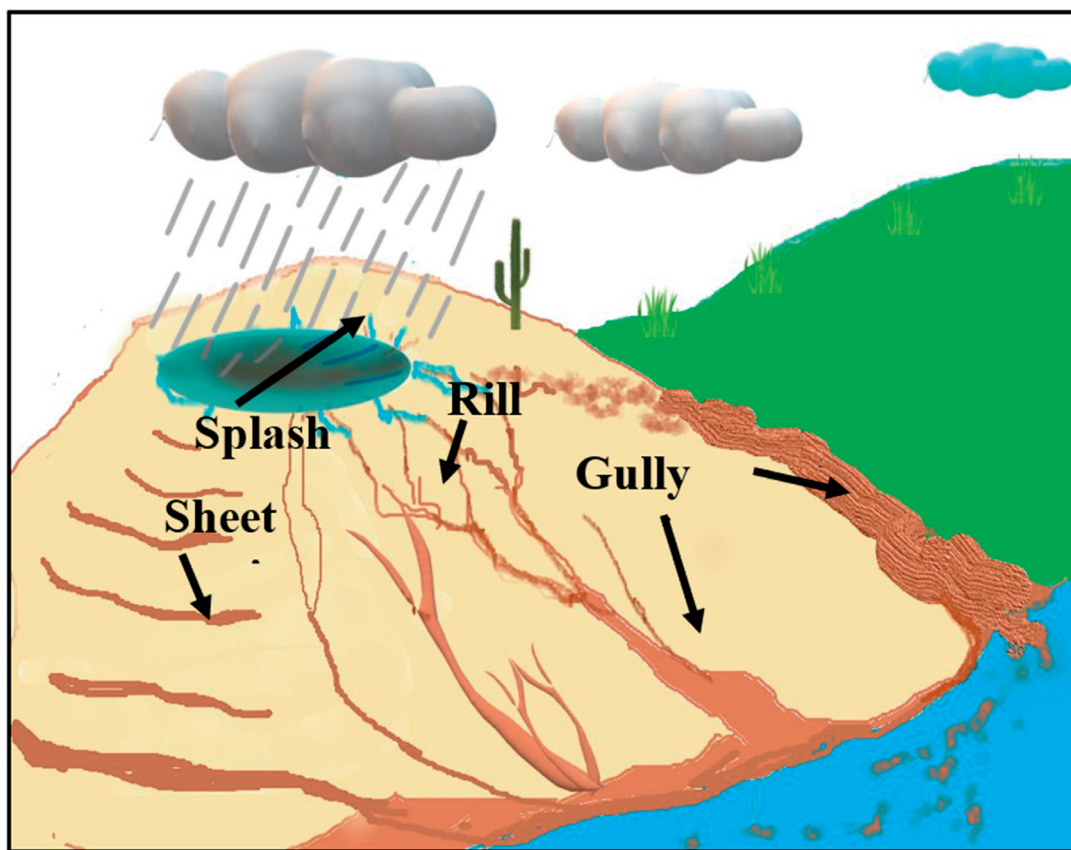
sa smanjenjem padavina u suptropskim područjima i intenziviranjem ekstrema.

Neki autori ističu da je erozija zemljišta izazvana vodom jedan od najrasprostranjenijih oblika degradacije zemljišta. Gubitak zemljišta kao rezultat erozije može dovesti do smanjenja organskih materija i sadržaja hranljivih materija, promene strukture zemljišta i smanjenja vodnih kapaciteta. Gubitak u produktivnosti može biti značajan za život ljudi na tom području; površni sloj zemljišta, koji je najplodniji sloj, ujedno je i najizloženiji pluvijalnim erozivnim procesima.

Klimatološki faktor koji najviše utiče na eroziju zemljišta je kiša. Ona je prepoznata među vodećim uz-

rocima koji izazivaju destabilizaciju izraženih nagiba na topografskoj površini, pri čemu mogu da izazovu aktiviranje klizišta. Erozija zemljišta je jedan od najvećih problema na prostoru jugoistočne Evrope.

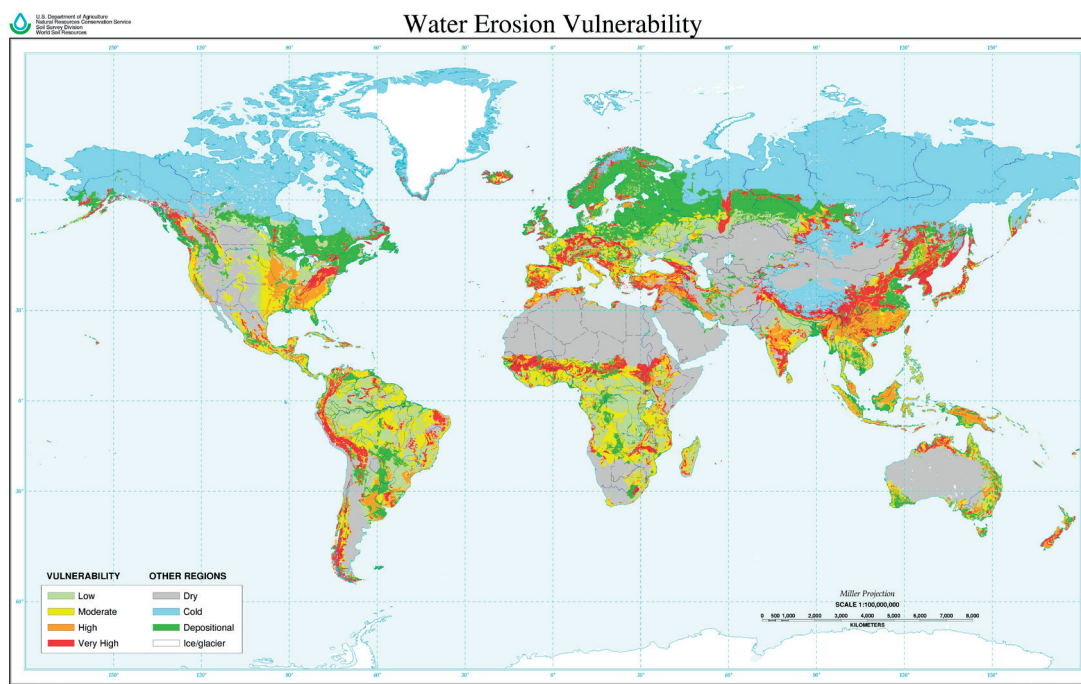
Kišna (pluvijalna) erozija je geomorfološki termin koji se još označava i kao pluvijalna erozija, i njen period trajanja je vrlo kratak. Ovaj proces predstavlja udar kišne kapi ili grada o topografsku površinu, prilikom koga zemljište biva razoreno. Vegetacija značajno smanjuje površinsko oticanje i sam proces pluvijalne erozije. Pluvijalna erozija vremenski prelazi u denudaciju, a završava se procesom fluvijalne erozije (Slika 36).



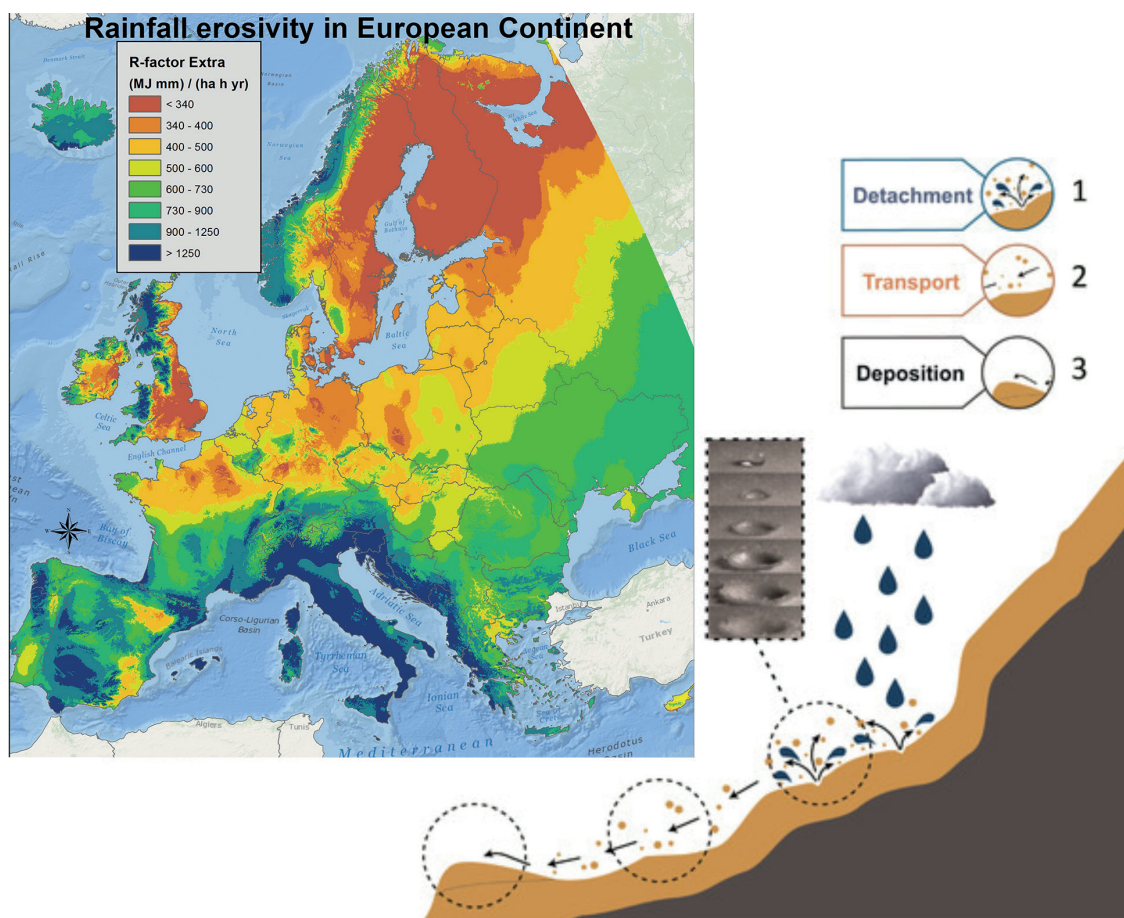
Slika 36. Različiti tipovi vodne erozije (Senanayake et al., 2020)

Erozija zemljišta generalno se manifestuje kroz tri faze – otkidanjem površinskog materijala, dejstvom određenog agensa, od površine, transportom materijala i njegovom akumulacijom (Slika 38b). U tom smislu, treba istaći da su padavine najbitniji agens u prvoj fazi erozije zemljišta, i kao takve jedan su od odlučujućih faktora u USLE jednačini. Padavinska (pluvijalna) erozija označava potencijalnu sposobnost atmosferskog

taloga da prouzrokuje eroziju zemljišta i predstavlja klimatološku komponentu u ukupnom procesu vodne erozije. Podatke o navedenom tipu erozije i uopšte – rasprostranjenju vodne erozije na globalnom nivou, izložile su respektivne institucije: USDA (United States Department of Agriculture) i NRCS (National Resource Conservation Service) reklasifikacijom klimatske karte i karte tipova zemljišta (Slika 37).



Slika 37. Karta ugroženosti procesima vodne erozije u svetu
(prema USDA-NRCS, Soil Science Division, World Soil Resources, Washington D.C.)



Slika 38. (a) Prostorna distribucija kišne erozije na prostoru Evrope i (b) šematski prikaz erozije zemljišta delovanjem pluvijalnog faktora (modifikovano prema Panagos et al., 2015)

Panagos i saradnici izložili su rad pod nazivom „Kišna erozija na prostoru Evrope”, priložili kartu ekstrapoliranih erozivnih vrednosti (za prostor balkanskih zemalja, Ukrajine, Belorusije, Norveške i Islanda) i izdvojili hazardna područja u kojima pluvijalna erozija varira u rasponu od $< 340 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ – u severnim delovima Evrope, do $> 1250 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ – u južnim delovima Evrope (Slika 60A).

Raspodela erozije i padavina važan je element koji se tiče implikacija klimatske varijabilnosti i promena. Takođe, pojavljivanje ekstremnih događaja i njihovih uticaja na ljudsko društvo postalo je fundamentalno pitanje, zbog većih efekata klimatskih promena na njih (npr. epizode ekstremnih padavina). Analiza padavinskih događaja intenzivnije je prisutna u savremenim klimatološkim studijama. Sa druge strane, varijabilnost padavina je jedan od najboljih indikatora klimatskih promena.

Erozija zemljišta, kao bitan faktor u degradaciji životne sredine, prepoznata je najpre na području Dalekog istoka i u mediteranskim oblastima. Prve ozbiljnije mere usmerene na konzervaciju zemljišta izložene su na prostoru Sjedinjenih Američkih Država od strane profesora Hju Hamond Beneta (Hugh Hammond Bennett) tokom tridesetih godina XX veka. Nakon toga, počinje razvijanje brojnih modela i jednačina za kvantifikovanje gubitka i degradacije zemljišta, pogotovo u Kukuruznom pojasu (Corn belt) Severne Amerike. Međutim, gotovo svi rezultati bazirani su isključivo na interakciji topografskih odlika terena i pedoloških osobina zemljišta. Konačno, nakon 20 godina intenzivnog rada, u jednačinu se uvrstavaju padavine kao neizostavan prirodni faktor, i sa tim se zaokružuje koncept matematičkog modela USLE (Universal Soil Loss Equation) koji je našao široku primenu u brojnim naučnim oblastima. Procena i analiza erozivnog dejstva padavina su izuzetno kompleksni pristupi i gotovo je neizvodljivo prikazati kvantitativne i kvalitativne vrednosti kroz univerzalnu jednačinu ili indeks. Iz tog razloga, primenjeni su različiti pristupi prilikom procene padavinske erozije, koji se mogu podeliti na dve osnovne grupe indeksa:

- indeksi bazirani na raspoloživim podacima o padavinama, i
- indeksi bazirani na kinetičkoj energiji i intenzitetu padavina.

Najpoznatiji indeksi koji opisuju kinetičku energiju i intenzitet padavina su EI_{30} , Alm , $KE > 1$ i P/vt . Navedeni indeksi zahtevaju bazu podataka o intenzitetu padavina (u kratkim vremenskim intervalima) od preko 20 godina,

a kako u najvećem delu sveta ne postoje takvi podaci, bilo je neophodno razviti jednostavniji pristup. Najpoznatiji modeli razvijeni na osnovu raspoloživih podataka o padavinama su Fournierov Indeks (Fournier Index) i Modifikovani Fournierov Indeks (Modified Fournier Index) koji opisuju intenzitet padavinske erozije i mogu da se povežu sa drugim klimatološkim varijablama. Oni su korišćeni u mnogobrojnim radovima gde je postojala navedena problematika sa bazom podataka, ali takođe i u studijama gde je vršena komparacija više padavinskih erozivnih indeksa. Postoje i indeksi koji su razvijani za potrebe izučavanja pluvijalnog erozivnog dejstva na nacionalnom i regionalnom novou, kao što je Angot-ov (Angot Rainfall Index- K) indeks kišne agresivnosti.

Uticaj padavina na pojavu erozivnih procesa može se ispitati primenom indeksa koncentracije padavina (PCI – dalje u tekstu), koji opisuje vremensku distribuciju padavina u toku godinu dana (Oliver, 1980). PCI se izračunava na osnovu godišnjih vrednosti padavina prema jednačini:

$$PCI_{\text{annual}} = \frac{\sum_{i=1}^{12} p_i^2}{(\sum_{i=1}^{12} p_i)^2} \times 100$$

gde su srednje mesečne količine padavina označene sa p_i , a određeni mesec sa i . Kako bi se dodatno ispitao uticaj pluvijalne erozije i utvrdila regionalna raspodela padavina u toku godine, PCI je izračunat i na sezonskom nivou za klimatološku zimu (decembar–januar–februar), proleće (mart–april–maj), leto (jun–jul–avgust) i jesen (septembar–oktobar–novembar) prema jednačini 2, i polugodišnjem sušnom (od aprila do septembra) i vlažnom (od oktobra do marta) periodu prema sledećoj jednačini:

$$PCI_{\text{seasonal}} = \frac{\sum_{i=1}^3 p_i^2}{(\sum_{i=1}^3 p_i)^2} \times 25$$

$$PCI_{\text{supra seasonal}} = \frac{\sum_{i=1}^6 p_i^2}{(\sum_{i=1}^6 p_i)^2} \times 50$$

Bitno je napomenuti da raspodela meseci prema atributima „vlažni“ i „sušni“, za indeks koji ispituje polugodišnje periode, ne odgovara u potpunosti odlikama padavina u klimatogeografskim regionima širom sveta. Na osnovu navedenog, nazive ovih varijanti PCI trebalo bi posmatrati isključivo kao terminološke diskrepancije koje se odnose na posmatrane polugo-

dišnje periode. Na osnovu predstavljenih jednačina za izražavanje varijacija u distribuciji padavina, najniža teoretska vrednost indeksa na godišnjem, sezonskom i polugodišnjem nivou iznosi 8.3, što ukazuje na savršenu uniformnost u vremenskoj raspodeli (približno slična količina atmosferskog taloga se pojavljuje tokom svakog meseca). Zatim, vrednosti indeksa od 16.7 ukazuju na koncentraciju padavina pretežno u jednoj polovini posmatranog perioda, a vrednosti od 25 ukazuju na to da se ukupna količina atmosferskog taloga izlučila u jednoj trećini posmatranog perioda (ukupna količina padavina na godišnjem nivou izlučena je u opsegu od 4 meseca; u polugodišnjem periodu tokom 2 meseca, a prema sezonskim vrednostima u toku jednog meseca). Prema ovim podacima, vrednosti PCI mogu da se klasifikuju u 4 grupe:

1. Vrednosti manje od 10 predstavljaju uniformnu vremensku raspodelu padavina (niska koncentracija padavina);
2. Vrednosti od 11 do 15 umerenu koncentraciju padavina;
3. Vrednosti od 16 do 20 iregularnu koncentraciju padavina;
4. Vrednosti preko 20 visoku koncentraciju padavina.

Fournierov i Modifikovani Fournierov indeks (FI i MFI – u daljem tekstu) bazirani su na indeksu koncentracije padavina. FI nastaje iz odnosa srednje godišnje

količine padavina (P) i maksimalne količine padavina u toku najvlažnijeg meseca (p_{max})

$$FI = \frac{p^2_{max}}{P}$$

Ovaj indeks ima određene nedostatke kao pokazatelj padavinske erozije unutar USLE modela, budući da niske srednje mesečne vrednosti padavina mogu da imaju znatnu erozivnu moć, te povećanje u ukupnoj količini taloga treba da rezultuje u povećanju erozivnosti. Takođe, ukoliko maksimalna mesečna vrednost padavina ostane ista, a srednja godišnja količina padavina počne da se povećava, FI se snižava. Iz navedenih razloga, Arnoldus (1980) je modifikovao FI u MFI posmatrajući atmosferski talog svih meseci u toku godine. Odnos između ova dva indeksa opisan je u mnogobrojnim studijama i često se upotrebljava u cilju potpunijeg prikaza evolucije padavinske erozije na određenom prostoru. MFI se može predstaviti kao proizvod ukupne godišnje količine padavina (P_t) i mesečne koncentracije padavina (PCI):

$$MFI = \sum_{i=1}^{12} \frac{p_i^2}{P}$$

Klasifikacija vrednosti padavinskih erozivnih indeksa (FI, MFI) prikazana je u tabeli 12.

Tabela 12. Erozivne klase FI i MFI indeksa

Erozivna klasa	FI	Erozivna klasa	MFI
Veoma niska	0 - 20	Veoma niska	0 - 60
Niska	20 - 40	Niska	60 - 90
Umerena	40 - 60	Umerena	90 - 120
Umereno visoka	60 - 80	Visoka	120 - 160
Visoka	80 - 100	Izuzetno visoka	> 160
Izuzetno visoka	> 100		

Angotov pluvijalni indeks (K) ima cilj da utvrdi karakteristične tipove mesečnih i godišnjih varijacija u padavinama koje se izdvajaju na osnovu regionalnih i nacionalnih komparacija. Pluvijalni indeks se kvantifikuje na osnovu obrasca:

$$K = \frac{p}{P}$$

gde K označava vrednost Angotovog indeksa, a p pluvijalnu vrednost koja se dobija na osnovu obrasca:

$$p = \frac{q}{n}$$

pri čemu q predstavlja količine mesečnih padavina, a n broj dana/meseci. Pluvijalna vrednost P dobija se pomoću obrasca:

$$P = \frac{Q}{365}$$

gde Q predstavlja višegodišnje količine padavina.

Dobijene vrednosti indeksa služe za utvrđivanje kišnih intervala, tako što se oni grupišu tj. diferenciraju u određene pluvijalne klase kojima korespondiraju određeni pluvijalni atributi (Tabela 13).

Tabela 13. Klase pluvijalnog susceptibiliteta koje mogu da pokrenu eroziju zemljišta na osnovu vrednosti K (modifikovano prema Dragotâ et al., 2008)

Pluviometrijski atributi	Veoma suvo	Suvo	Normalno	Kišno	Veoma kišno
Pluvijalne erodibilne klase	Veoma slaba	Slaba	Umerena	Jaka	Veoma jaka
K	<0,99	1,00-1,49	1,50-1,99	2,00-2,49	>2,50

Biološke nepogode

Grupa bioloških katastrofa obuhvata prirodne katastrofe izazvane bolestima ljudi, životinja i biljaka. Posledice njihovog delovanja su manifestacije raznih bolesti koje na kraju mogu dovesti do smrti. U poređenju sa drugim vrstama prirodnih katastrofa, biološke katastrofe su prouzrokovale veliki broj ljudskih žrtava kroz istoriju i ljudski razvoj.

Epidemije

Epidemija se odnosi na pojavu bolesti u određenoj populaciji sa većom učestalošću od njene uobičajene. Ova definicija uključuje tri bitne karakteristike epidemije: 1. Bolest nije nužno zarazna; 2. Apsolutni broj obolelih ne mora da bude veliki, sve dok je neuobičajen u odnosu na posmatranu populaciju i određeni period; 3. Broj obolelih ne mora naglo da poraste u kratkom vremenskom periodu. Širenje epidemije na velika prostranstva i ugrožavanje populacije na dva ili više kontinenata označava se kao pandemija. Epidemije i pandemije mogu veoma da remete živote, egzistenciju, i političku i socioekonomsku stabilnost

pogođenih zajednica. One čine klasu katastrofa, i kao i druge vrste katastrofa, predstavljaju rizike koji se mogu ublažiti ili smanjiti kroz upravljanje rizikom. Kao klasa katastrofa, epidemije i pandemije poseduju neke jedinstvene karakteristike. Patogeni zaraznih bolesti kruže, šire se i evoluiraju tokom događaja i tako predstavljaju tekuće i promenljive izazove. Osim ako se ne otkriju i kontrolišu u veoma ranoj fazi (kada je to moguće), epidemije su produžena stanja, a pandemije još više. Robustan i osetljiv sistem za otkrivanje i nadzor, prema tome, čine okosnicu strategije upravljanja rizikom od bioloških hazarda.

Dok su mnoge endemske ili rutinske infekcije u razvijenim zemljama kontrolisane imunizacijom, antimikrobnim sredstvima i poboljšanim standardima zdravlja i ishrane, one mogu i dalje predstavljati velike opasnosti u zemljama u razvoju sa slabijim zdravstvenim sistemima, manje resursa koje treba posvetiti zdravlju i ograničenom pristupu zdravstvenoj nezi. Takvi zdravstveni sistemi su, takođe, slabo opremljeni da izdrže epidemije raznih bolesti, koje mogu biti sporadične i daleko teže predvidljive, a često uključuju bolesti za koje nema leka.

Postojeći sistemi rutinskog nadzora možda neće moći rano da otkriju znake izbijanja epidemije. Kao i mnoge teške bolesti u nastajanju (npr Ebola, groznica zapadnog Nil, groznica doline Rift), predstavljene su zoonozama. Prvi znaci takvih događaja se možda neće manifestovati kod ljudi nego kod divljih i domaćih životinja, ukazujući na značaj snažnog nadzora u veterinarskom sektoru, i kritičnu vrednost jakih veza između zdravlja ljudi i životinja.

Suše, poplave i druge prirodne opasnosti kao što su zemljotresi mogu da doprinesu izbijanju epidemija. Izbijanja kuge mogu da prate zemljotrese, jer glodari koji nose buve zaražene kugom su raseljeni sa svojih uobičajenih staništa i izvora hrane i dolaze u bliži kontakt sa čovekovim okruženjem. Epidemija groznice Rift (*Rift Valley fever*) često počinje kada nakon perioda suše nastupaju poplave ili intenzivne padavine. Dakle, klimatske oscilacije kao što je El Niño – južna oscilacija, mogu najaviti povećan rizik od izbijanja epidemija u rizičnim regionima, i ukazati na potrebu pokretanja preventivnih mera, kao npr. imunizacija stoke radi prevencije epizootije, i pojačan nadzor radi ranog otkrivanja izbijanja kod životinja i ljudi. Poremećaji u snabdevanju vodom i sanitarna infrastruktura uništena tokom zemljotresa, oluja i poplava može dovesti do izbijanja patogeni kao što je kolera koji se prenose vodom i hranom. Eksploatacija rudnog bogatstva, sa pratećim poremećajem ekosistema, korišćenjem zemljišta i promenama u demografiji, povezana je sa izbijanjem teških bolesti, uključujući Marburg hemoragijsku groznicu. Nedavna studija identifikovala je pet najvećih pokretača pretnji od zaraznih bolesti u Evropi, kao što su putovanja i turizam, globalna trgovina, klima, hrana i kvalitet vode, i prirodno okruženje.

Trajna prevencija infekcija se pokazala mogućom, ali je retka; na primer, boginje „variola vera“ su proglašene globalno iskorenjenim 1979. (SZO, 1980), i težnja ka iskorenjivanju dečije paralize nastavlja da bude međunarodni prioritet. Stoga je fokus uglavnom na smanjenju rizika od epidemija i pandemija, što uključuje smanjenje rizika pre pojave, kroz strategije pripravnosti, i ublažavanje rizika i opasnosti tokom događaja. Obično postoje dva opšta aspekta za ublažavanje izbijanja zaraznih bolesti: briga pacijenata (za ublažavanje bolesti i patnje) i epidemiološka istraživanja. I za negu pacijenata i za epidemiološko ispitivanje i odgovor, laboratorijsko testiranje ljudskih (i/ili životinjskih/vektorskih/ekoloških) uzoraka za dokaz o postojanju patogena važno je da bi se osigurala ispravne strategije intervencije.

Niz dobro dokumentovanih epidemija sumiran je u ovom poglavlju da bi se demonstrirala složenost DRM-a. Te epidemije su se desile u poslednjoj deceniji 21. veka.

Epidemije se na osnovu načina prenosa dele na kontaktne, one koje se šire vazduhom, hidrične, alimentarne i one koje se šire preko zemljišta.

Kod kontaktnih epidemija zaražavanje se ostvaruje putem direktnog ili indirektnog dodira. Pod direktnim kontaktom se podrazumeva fizički dodir, dok je indirektni predstavljen prenošenjem mikroorganizama sa izvora zaraze na zdravu osobu preko kontaminiranih predmeta. Ova vrsta epidemije se širi centrifugalno, zahvatajući porodicu, susedna domaćinstva, selo, uglavnom stanovništvo sa niskom higijenskom i zdravstvenom kulturom. Primer je epidemija ebole u Zapadnoj Africi 2014. Godine.

Epidemije koje se šire vazduhom predstavljene su aerogenim i respiratornim infekcijama i izazivaju ih mikroorganizmi koji se šire preko sekreta respiratornog sistema, a dospevaju u organizam preko sluzokože respiratornog sistema. Primeri su SARS i Covid19.

Hidrične epidemije nastaju posle upotrebe zagađene vode za piće. Obim ovih epidemija i broj zahvaćenih lica zavise od kapaciteta objekta i broja stanovnika koji su se inkriminisanom vodom služili.

Alimentarne epidemije – U hrani postoje idealni uslovi u pogledu hranljivih sastojaka, uslova sredine i, često – temperature, ne samo za održavanje agenasa, već i za njihovo razmnožavanje. Nemoguće je navesti sve namirnice koje su značajne u prenošenju i širenju bolesti, pa samim tim i za pojavu epidemija. Prema epidemiološkom iskustvu i praksi naših zdravstvenih radnika, najveću ulogu, svakako, imaju: mleko i mlečni proizvodi, meso, riba, školjke, jaja, voće i povrće.

Epidemije koje se šire preko zemljišta – Zemljište predstavlja stanište biljnog i životinjskog sveta, pa suficit ili deficit hemijskih jedinjenja ili elemenata u zemljištu mogu da dovedu do oboljenja ljudi, životinja i biljaka.

Teški akutni respiratorni sindrom (Severe acute respiratory Syndrome - SARS)

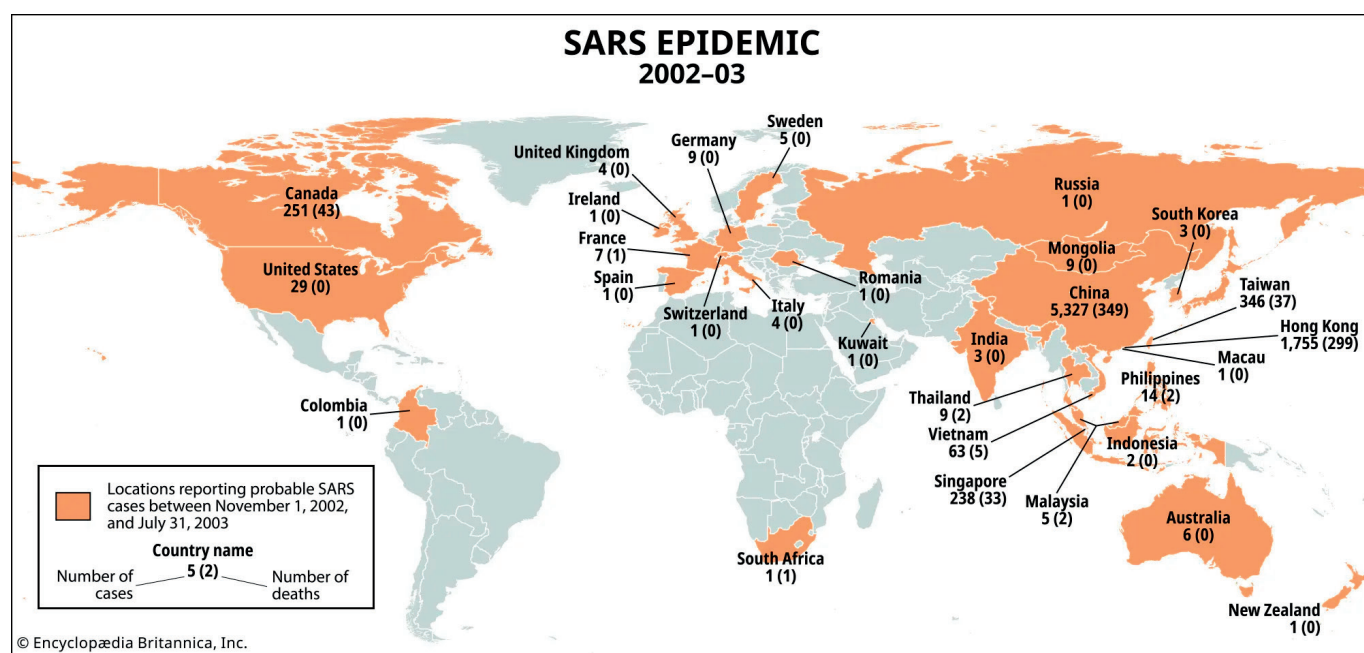
Prvi slučajevi SARS-a su se pojavili u Kini u novembru 2002. godine, a bolest se na kraju proširila na 37 zemalja, sa 8 273 potvrđenih slučajeva (Slika 39). Bolest je izazvala velike epidemije u Aziji i Americi, sa manjim žarištima u Evropi, što ilustruje kako globalizacija može doprineti brzom širenju bolesti. Stopa smrtnosti pro-

cenjena je na 15 %, a smrtnost je bila veća kod starijih pacijenata. Veliki broj zdravstvenih radnika se zarazio, a nozokomijalna infekcija je utvrđena za 72% slučajeva u Torontu i 55 % slučajeva na Tajvanu.

Pre epidemije SARS-a, verovalo se da korona virusi prvenstveno izazivaju slabije bolesti gornjih disajnih puteva kod ljudi. Kod SARS-a, bolest obično počinje visokom temperaturom povezanom sa drhtavicom i ukočenošću, glavoboljom i malaksalošću, što je praćeno respiratornim oštećenjima, te na kraju postaje ozbiljna, i zahteva mehaničku ventilaciju. Tokom rane faze epidemije, nespecifična prezentacija simptoma i nedostatak pristupa pouzdanim dijagnostičkim testovima otežavali su doktorima i institucijama javnog zdravlja da tačno utvrde broj slučajeva. Štaviše, neizvesnost oko uticaja

SARS-a na zdravlje stanovništva izazvala je veliki strah u javnosti. Potreba za praćenjem mnogo hiljada kontakata potvrđenih slučajeva kako bi se pratio razvoj bolesti, predstavljala je ogroman teret za već preopterećeno javno zdravlje.

Zdravstveni, nacionalni ekonomski sistemi nekih zemalja su bili ozbiljno poremećeni. Dramatična rekonfiguracija zdravstvenih sistema izazvala je značajan poremećaj u normalnom pružanju usluga. Trgovina i turizam takođe su bili značajno pogođeni, sa globalnim ekonomskim gubicima procenjenim na oko 38 milijardi evra. Međutim, osnovna strategija koja je na kraju dovela do kontrolisane epidemije SARS-a širom sveta bio je efikasan nadzor i zadržavanje.



Slika 39. Prostorna distribucija SARS epidemije na globalnom nivou u periodu 2002-2003. godine
(<https://www.britannica.com/science/SARS>)

Ebola

Ebola kao virusna bolest (EVD) je teška hemoragijska groznica uzrokovana virusom koji pripada rodu Ebolavirus u porodici Filoviridae. Smatra se da su domaćini virusa ebole u prirodi slepi miševi, od kojih se zaražavaju druge divlje životinje kao što su šimpanze i majmuni. Ebola se unosi u ljudsku populaciju kroz bliski kontakt sa zaraženim životinjama. Zatim se širi, prenosi sa čoveka na čoveka direktnim kontaktom sa krvlju, izlučevinama, i drugim telesnim tečnostima zaražene osobe. Kod pacijenata se javljaju groznica, bol u mišićima, i drhtavica

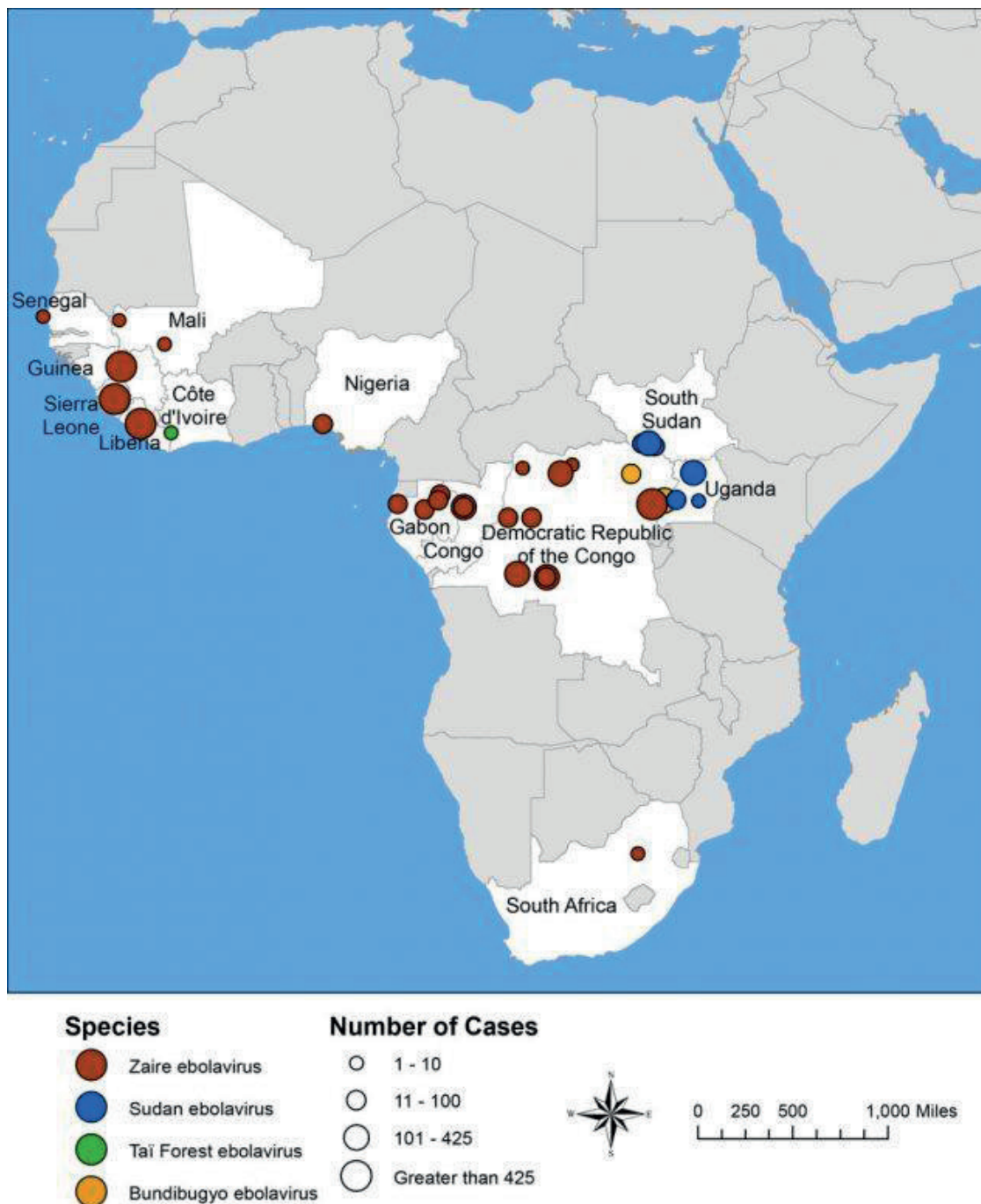
praćena povraćanjem i dijarejom, koja je u približno jednoj petini slučajeva praćena hemoragijskim komplikacijama. U teškim slučajevima, dolazi do otkazivanja više organa, što može dovesti do smrti. Prenos se može prekinuti ranom dijagnozom i efikasnim institucijonalnim merama kao što je izolacija pacijenata i nega, praćenje kontakata i bezbedne sahrane.

Od 1976. godine, kada je ebola prvi put identifikovana, više od 25 epidemija ebole dogodilo se u podsaharskoj Africi (Slika 40). Nedavna epidemija afričke ebole (2013-16) u Gvineji, Liberiji, Nigeriji, Senegal u i Sijera Leoneu

predstavlja najrasprostranjenije izbijanje EVD-a u istoriji – bolest je registrovana u 28 616 slučajeva, od kojih je 11 310 rezultiralo smrću. Usled kolapsa u zdravstvenom sistemu i nemogućnosti da se bori sa drugim oblicima morbiditeta, značajan je bio porast mortaliteta zbog drugih, redovno izlečivih bolesti.

SZO je 8. avgusta 2014. proglasila epidemiju i pret-nju po „javno zdravlje“ od međunarodnog značaja. Uprkos razumevanju kontrolnih mera potrebnih za ograničavanje širenja, prvobitni odgovor je bio spor, što je omogućilo

da epidemija dobije zamah. Razlozi za spor odgovor su uključivali široku geografsku rasprostranjenost slučajeva, slabu lokalnu zdravstvenu infrastrukturu i loše laboratorijske kapacitete za dijagnosticiranje infekcije. Problem je bio i nedostatak stručnosti u obuzdavanju epidemije i lečenju zaraženih, kao i odlaganje političkih lidera da u ranoj fazi potraže međunarodnu pomoć. Italija, Velika Britanija i Španija jedine su evropske zemlje koje su zabeležile slučajeve ebole povezane sa epidemijom u zapadnoj Africi.



Slika 40. Prostorno vremenska disperzija ebole u Africi od 1976-2021. godine
(<https://www.cdc.gov/vhf/ebola/history/distribution-map.html>)

Lekcije naučene u ovoj epidemiji su sledeće:

- potreba za sistemima nadzora za rano otkrivanje i zaustavljanje pretnji od zaraznih bolesti u zemljama u razvoju;
- važnost angažovanja lokalnog stanovništva i zajednice u odgovoru na epidemiju;
- potreba za snažnijim međunarodnim angažovanjem;
- jačanje prevencije infekcija i kontrole u zdravstvenim ustanovama.

Epidemija je, takođe, ukazala na to da je potrebno ubrzati razvoj efikasnih testova, vakcina i lekova. Konačni rezultati potvrđuju efikasnost vakcine protiv ebole, koja može sprečiti buduću epidemiju ove bolesti sa razornim posledicama.

COVID-19

Rizik od pandemije u savremenom društvu ne zavisi samo od patogena i domaćina, i načina njegovog prenošenja, nego i od ljudskih faktora i faktora životne sredine (gustina naseljenosti, kretanje stanovništva, blagovremenost i efikasnost, mere prevencije i kontrole, kao i ekološke promene). Prethodne studije su pokazale da su rast stanovništva, urbanizacija, globalna mobilnost i promene životne sredine glavni faktori koji doprinose povećanju verovatnoće pojave pandemije tokom poslednjih decenija. Više od 60% čovečanstva u 21. veku živi u gusto naseljenim urbanim regijama. Nova infekcija izazvana teškim akutnim respiratornim sindromom korona virus 2 (SARS-CoV-2) ispunila je sve uslove da se proglasi globalnom pretnjom i da se nazove pandemijom. U poređenju sa drugim korona virusima i patogenima koji su izazvali epidemije u prošlosti, COVID-19 je manje smrtonosan, ali se više i lakše širi od ostalih. Pored toga, studije su pokazale da železnički i avionski transport, mobilnost ljudi (tj. migracije u svim razmerama), kao i gustina naseljenosti značajno koreliraju sa intenzivnim širenjem novog korona virusa širom sveta.

Krajem 2019. godine, virus korone je izazvao pojavu još jednog velikog virusa, SARS-CoV-2. Posle 9.800 slučajeva zaraženih i 213 smrtnih slučajeva, prema klasifikaciji Svetske zdravstvene organizacije (SZO) Covid-19 je klasifikovan kao pretnja po javno zdravlje od međunarodnog značaja krajem januara 2020. Pet nedelja kasnije, kada je zabeleženo 118.000 slučajeva infekcije i 4.291 smrtni slučaj u 114 zemlja, SZO je 11. marta proglasila pandemiju. Dakle, ovaj teški akutni

respiratorni sindrom se brzo proširio svetom, što je dovelo do globalne pandemije. S obzirom na to da ni deset meseci nakon izbijanja nije postojala efikasna i dokazana vakcina za Covid-19, gotovo sve zemlje su bile primorane da uvedu zabrane putovanja. Do 1. jula 2020. bolest je izazvala preko 500.000 prijavljenih smrtnih slučajeva širom sveta, dok je početkom novembra 2020. broj bio veći od 1.2 miliona.

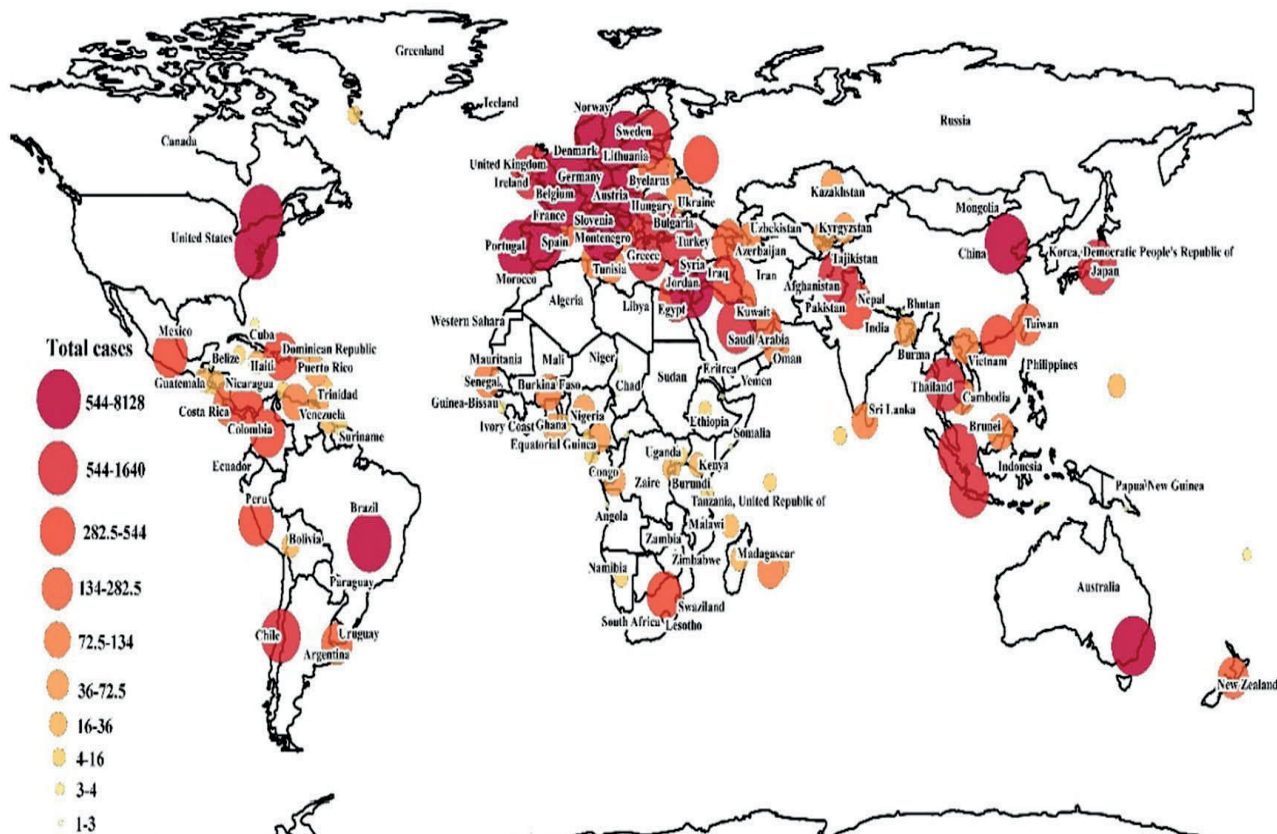
Virusna pandemija COVID-19 postala je globalni fenomen bez presedana sa širokim efektima (Slika 41). Broj umrlih od virusa u SAD u septembru premašio je za čitavih 675.446 slučajeva španski grip iz 1918. godine, što je prethodno bila najgora pandemija u SAD do tada. Pandemija je poremetila živote u svim zemljama i zajednicama i negativno uticala na globalni ekonomski rast u 2020. godini. Procene pokazuju da je virus smanjio globalni ekonomski rast u 2020. na godišnju stopu od oko -3,2%, sa oporavkom od 5,9% koji se predviđa za 2021. Procenjuje se da je trgovina opala za 5,3% u 2020. Prema konsenzusu prognoza, ekonomski pad u 2020. nije bio tako negativan kao što je prvobitno procenjeno, delom zbog fiskalne i monetarne politike koju su vlade usvojile 2020.

U većini zemalja ekonomski rast je naglo pao u drugom kvartalu 2020. godine, brzo se oporavio u trećem kvartalu, i od tada je uglavnom pozitivan.

U Srbiji su u martu 2021. godine zabeleženi prvi slučajevi obolelih od COVID-19 virusa, a nedugo zatim je proglašena vanredna situacija, koja je trajala do maja. U ovom periodu bile su uvedene različite mere, poput policijskog časa i ograničavanja kretanja, zabrane rada ugostiteljskih objekata, prodavnica, šoping centara. Sve ovo je ostavilo trag na poslovanje preduzeća, koje je moralo biti organizovano u uslovima velike neizvesnosti, a ona je ostala prisutna i nakon relaksacije mera uvedenih kako bi se stanovništvo zaštitilo od zaražavanja korona virusom.

U cilju zaštite stanovništva, vlade zemalja su uvođile različite oblike restriktivnih mera radi sprečavanja širenja zaraze: zatvaranje državnih granica, prekid svih oblika saobraćaja, a na mikroplanu najrasprostranjenija mera je bila izolacija.

Uticađ pandemije na privredu u Srbiji prikazan je na osnovu zaključaka istraživanja koje je sprovedla Unija poslodavaca Srbije (UPS), uz tehničku podršku Međunarodne organizacije rada (MOR) i u partnerstvu sa Evropskom bankom za obnovu i razvoj.



Slika 41. Prostorna distribucija Covid-19 infekcije na početku proglašene pandemije na globalnom nivou (modifikovano prema Valjarević et al., 2020)

Kriza je ozbiljno finansijski pogodila srpska preduzeća. Više od polovine preduzeća (54%) naglašava da je kriza imala veliki uticaj na njihove finansije i poslovanje, dok 40% procenjuje njen uticaj kao srednji. Mala preduzeća su donekle jače pogođena krizom, naročito ona sa do 10 zaposlenih.

Anketa je pokazala da je pandemija COVID-19 ostvarila umereno negativan efekat na poslovanje. Najmanju otpornost pokazala su preduzeća koja imaju do 10 zaposlenih, odnosno preduzeća u hotelijerstvu i ugostiteljstvu, transportu, prometu nekretnina i u tekstilnoj industriji.

Prema iskazima datim u anketi, nešto manje od trećine preduzeća u Srbiji oporaviće se od krize u roku od mesec dana, dok poslodavci retko razmatraju privremeno ili trajno zatvaranje. Pored toga, rezultati su u tom trenutku pokazali da će trećini (i nešto više) preduzeća biti potrebno od jedan do tri meseca za oporavak, dok će se trećina oporaviti za tri do šest meseci.

Najteži udar pretrpeo je sektor ugostiteljstva, jer je većini preduzeća u ovoj oblasti bilo zabranjeno da rade skoro mesec i po dana (od 22. marta do 1. maja), što je dovelo do potpunog nestanka potražnje i samim

tim ozbiljnih problema sa prilivom. Zbog toga 17% ovih poslodavaca razmatra mogućnost da zatvori preduzeće, verovatno zbog nagomilanih dugova i/ili opšteg osećaja da je oporavak turističkog sektora neizvestan, kao i da će biti poprilično spor.

Prema sprovedenoj anketi, 9% preduzeća već je otpustilo određeni broj zaposlenih, oko 8% planira da to učini u sledećem kvartalu. Oko 57% planiranih otpuštanja će ostati u okvirima 10% ukupnog broja zaposlenih, kako zahteva kriterijum za državnu pomoć. Pa ipak, 16% ovih preduzeća će otpustiti skoro trećinu zaposlenih, dok će nešto više od četvrtine otpustiti od 11% do 30%.

Mere suzbijanja zaraznih bolesti

U Srbiji je na snazi Zakon o zaštiti stanovništva od zaraznih bolesti ("Sl. glasnik RS", br. 15/2016, 68/2020 i 136/2020), kojim se uređuju zaštita stanovništva od zaraznih bolesti i posebna zdravstvena pitanja, određuju se zarazne bolesti koje ugrožavaju zdravlje stanovništva Republike Srbije i čije sprečavanje i suzbijanje je od opšteg interesa za Republiku Srbiju. Takođe, njime je regulisano sprovođenje epidemiološkog nadzora i mera, način njihovog sprovođenja i obezbeđivanje sredstava za njihovo

sprovođenje, vršenje nadzora nad izvršavanjem ovog zakona, kao i druga pitanja od značaja za zaštitu stanovništva od zaraznih bolesti. Mere suzbijanja epidemija i zaraznih bolesti obuhvataju niz postupaka koji su razvrstani u dve grupe: oni koji se sprovode prema bolesniku i oni koji se primenjuju na njegovu okolinu. Mere prema bolesniku obuhvataju:

1. Dijagnoza bolesti koja mora da bude brza i tačna.
2. Prijavljivanje bolesti;
3. Izolacija bolesnika;
4. Lečenje bolesnika treba da bude brzo i adekvatno;
5. Dezinfekcija i dezinsekcija javnih površina i objekata;
6. Kontrola na kliconoštvo organizuje se od strane zdravstvene ustanove koja je lečila obolelog, i to pre nego što se takvo lice otpusti.

Mere prema okolini obuhvataju:

1. Epidemiološko istraživanje bolesnika i kliconoše;
2. Zdravstveni nadzor nad licima koja su bila u direktnom kontaktu sa bolesnikom;
3. Određivanje karantina;
4. Zaštita stanovništva vakcinacijom;
5. Higijenske i sanitarno-tehničke mere;
6. Ostale mere. Obaveštenje stanovništva o nastanku, širenju bolesti i merama za njeno suzbijanje, kako bi i ono aktivno učestvovalo u borbi protiv širenja epidemija.

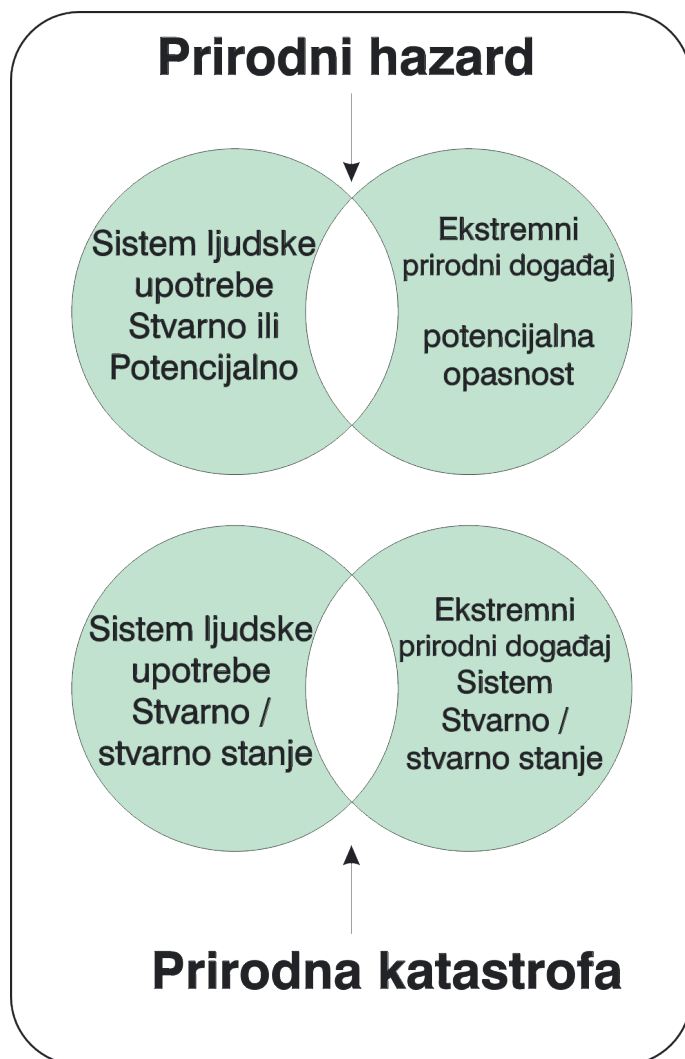


PRIRODNI HAZARDI

Reč *hazard/opasnost* odnosi se na potencijalnu opasnost koja pretiljudskom društvu, ekonomiji, kao i prirodnom potencijalu regije, zajednice ili čitave države.

Opasnosti se mogu odnositi na mnoge vrste prirodnih (poplava, uragan, zemljotres, šumski požar, itd.), tehnoloških (izlivanje opasnih materija, nuklearna havarija, nestanak struje, itd.) ili događaja izazvanih ljudskim faktorom (biohemijske, bombardovanje, oružje za masovno uništenje, terorizam itd.). Složene opasnosti su one koje nastaju kombinacijom gore navedenih tipova, kao što su urbani požari koji nastaju usled zemljotresa, kvarovi na branama ili nasipima kao rezultat poplava, ili klizišta koja nastaju nakon obilnih kiša.

Prirodna opasnost predstavlja potencijalnu interakciju ljudi i ekstremnih prirodnih događaja (Slika 42). Hazard predstavlja verovatnoću da se neki ekstremni događaj desi, ali ne i sam stvarni događaj. Prema definiciji, prirodne opasnosti predstavljaju pretnju društvu. Takva pretnja je uvek prisutna i predstavlja suštinsku silu sa kojom se sva društva na ovaj ili onaj način moraju nositi. Opasnost postoji samo zato što su ljudi ili njihove aktivnosti stalno izloženi prirodnim silama. Na primer, izgradnjom naselja na poplavnim područjima, bavljenjem poljoprivredom na obroncima aktivnih vulkana ili izgradnjom domova i odmarališta u obalnim zonama sklonim uraganima, ljudi se izlažu prirodnim opasnostima.



Slika 42. Prirodna opasnost kao interakcija društvenog i prirodnog sistema (modifikovano prema Cutter, 2001)

Stoga je moguće identifikovati neka područja sklona hazardima iz geografske perspektive: na primer, Valtreni pojas, duž ivica Tihog okeana, ocrta aktivnu zonu zemljotresa, cunamija i vulkana. Iako se sve opasnosti ne mogu tako precizno definisati, moguće je izračunati nivoe rizika i verovatnoću da će ljudi stradati usled različitih ekstremnih događaja. Na primer, šansa da vas pogodi meteorit je otprilike 1 prema 200 000 (verovatno čak 1:500 000), pretnja koja nije velika; međutim, ako bi se Zemlja našla na putu niza meteorita, poput onog koji je razorio delove Rusije 2013. godine, očigledno bi se rizik povećao i pretnja bi bila neminovna. Isto se može reći i za druge opasnosti. Rizik, i na kraju pretnja, često definisana kao opasnost, evoluiraju tokom vremena, kako se ljudske aktivnosti i procesi životne sredine menjaju.

Tek nakon što se neki događaj dogodi, nazivamo ga „prirodnom katastrofom“.

Opasnost ili opasnosti se mogu meriti nekim fizičkim karakteristikama, verovatnoćom ili posledicama. Na primer, mnoge priobalne zajednice doživljavaju poplave. Voda od jakih kiša, koja probija nasipe ili brane, bila bi izvor opasnosti ili hazard. Verovatnoća se može smatrati malom, zapravo malim rizikom; može biti srednjeg rizika ili hazard za koji postoji velika verovatnoća da će se pojaviti. Hazardi poseduju potencijal da izazovu smrtnu slučajevu, povrede, štetu na imovini, uništavanje infrastrukture ili poljoprivredne štete, kao i štete po životnu sredinu, prekid poslovanja.

Kuter (Cutter, 2001) primećuje da hazardi i opasnosti nastaju u interakciji prirodnih, ljudskih i tehnoloških sistema, ali ih karakterišu oblasti njihovog porekla. Na primer, hazard može nastati usled delovanja uragana, ali negativni efekti poplava mogu biti uvećani ne samo zbog ekstremnih količina padavina već i zbog dugoročnog neodržavanja kanalskih i odvodnih sistema. Pošto bi katastrofa mogla da nastane iz interakcije između društvenih, prirodnih i tehnoloških sistema, klasifikacija složene opasnosti mogla bi biti teška. Kao dodatna ilustracija poteškoća u klasifikaciji katastrofa: uragan ili poplava koja se dogodi u zajednici takođe može dovesti do slučajnog ispuštanja opasne hemikalije iz kontejnera u poplavnim vodama. U ovom slučaju imamo potencijal za dve katastrofe – jednu prirodnu i drugu izazvanu ljudskom (ne)aktivnošću ili tehnološke prirode. Predlaže se da opasnosti posmatramo u širem društvenom, političkom, istorijskom, ekonomskom i ekološkom kontekstu da bismo u potpunosti shvatili kako one mogu da nanese štetu resursima zajednice.

Prirodni hazardi, kako je navedeno ranije u tekstu, predstavljaju jedinstvenu komponentu svake prirodne nepogode. Bilo da se posmatraju iz ugla prirodnih ili društvenih nauka, prirodni hazardi imaju odlučujuću ulogu u nastanku prirodnih nepogoda i katastrofa.

Ne dovode sve opasnosti i hazardi do prirodnih katastrofa, jer se u slučaju hazardnog događaja koji se sporo odvija mogu smanjiti potencijalni štetni uticaji, i tako bi bili minimizirani gubici. Brzina odvijanja ili brzina kojom počinje negativan događaj mogla bi da posluži kao obaveštenje ugroženim zajednicama i na taj način dovede do smanjenja broja smrtnih slučajeva i povreda. Tako bi se negativni efekti mogli svesti na najmanju moguću meru, jer bi se npr. naredila blagovremena evakuacija ugroženog stanovništva. Rani znaci koji najavljuju opasnost (kao što su vetar, kiša ili kretanje tla) mogli bi blagovremeno da ukažu na potencijalnu katastrofu. Intenzitet delovanja prirodnog hazarda može varirati prostorno i može dovesti do šteta u prirodnoj sredini, bez šteta u oblastima u kojima nema društvenih ili ekonomskih aktivnosti. Tehnološki napredak i upotreba instrumenata kao što je npr. meteorološki radar omogućavaju ljudima da uoče kretanje vazdušnih masa i pojavu jakih oluja i tako mogu da pruže upozorenje određenom području.

Uprkos našim naporima da smanjimo svoju ranjivost na katastrofe, vidimo da se gubici imovine, smrtni slučajevi i povrede stalno povećavaju. Brojne studije su dokumentovale da gubici rastu, jer su ispunjeni sledeći uslovi:

1. Konstantan porast broja stanovništva u područjima sa visokim rizikom;
2. Zemljišta u ugroženim područjima se sve više koriste i naseljavaju, što nas čini podložnijim prirodnim hazardima;
3. Povećana koncentracija stanovništva u urbanizovanim oblastima povećava potencijal za gubitak ljudi i imovine; ljudi su manje upoznati sa postojanjem opasnosti u svom neposrednom okruženju; rast i razvoj naselja nije ekološki održiv; više zgrada i infrastrukture može biti oštećeno ako dođe do nekog događaja;
4. Ljudi nisu podjednako pogođeni opasnostima; ekonomski dispariteti dovode do toga da veliki broj osiromašenih bude u opasnosti;

5. Usled porasta nivoa mora raste i opasnost od poplava u gusto naseljenim priobalnim područjima; vremenski i klimatski obrasci će se promeniti;
6. Politički nemiri mogu direktno uzrokovati gubitke (npr. građanski rat) i/ili učiniti region podložnijim uticaju opasnosti zbog nedostatka spremnosti i/ili nesposobnosti da se izbori;
7. Više imovine je u opasnosti od hazarda, ali spremnost i mere za ublažavanje negativnih efekata vode do smanjenja gubitaka ljudskih života.

Prema Kuteru (Cutter 2001), „*Opasnost ili hazard, u najširem smislu, predstavlja pretnju ljudima i okolini, stvarima i predmetima koje su od važnosti za njih. Hazardi imaju, odnosno predstavljaju potencijalnu opasnost za ljude (mogu se desiti), ali takođe uključuju stvarni impakt negativnog događaja na ljude ili mesta. Opasnosti proizilaze iz interakcije između društvenih, tehnoloških i prirodnih sistema*”. Ovako definisani hazardi impliciraju da je interakcija između prirodnog i društvenog sistema ključni element koji pretvara prirodni proces u hazard ili opasnost. Takođe, treba razumeti da je „hazard“ sam po sebi bezopasan, jer je to samo „pretnja“ koja ima potencijal da nanese štetu. Stoga, Federalna agencija za upravljanje vanrednim situacijama (FEMA, 2001) opisuje hazarde kao „*događaje ili fizičke uslove koji imaju potencijal da izazovu smrt, povrede, oštećenje imovine, oštećenje infrastrukture, gubitak u poljoprivredi, štetu po životnu sredinu, prekid poslovanja ili druge vrste šteta ili gubitaka*”. U istom smislu, Međunarodna strategija Ujedinjenih nacija za smanjenje katastrofa (UNISDR) definiše prirodni hazard kao „*svaki prirodni proces ili fenomen koji može izazvati gubitak života, povrede ili druge zdravstvene uticaje, štetu na imovini, gubitak sredstava za život i usluge, društveni i ekonomski poremećaji ili šteta po životnu sredinu*”.

Pored ovih, u naučnoj literaturi za prirodne hazarde se izdvaja još mnogo definicija. One ukazuju na prirodu, funkcionisanje pomenutog fenomena i uticaj koji može imati na društvo u celini.

Hazard, kao potencijalnu pretnju za ljude, kao i društvo u celini i životnu sredinu, definisali su i opisali mnogi naučnici. Smatra se da su hazardi delimično stvoreni ljudskom percepcijom i da su posledica prethodnih iskustava. Preciznije govoreći, autori navode da čovek i društvo u celini mogu da doprinesu pogoršanju hazarda i modifikuju ga. Ovakve aktivnosti uslovljene su kulturom, polom, rasom, socioekonomskim statusom, političkim uređenjem i slično.

Opasnost je najširi pojam i odražava potencijalnu pretnju po ljude, kao i uticaj događaja na društvo i životnu sredinu. Rizik se odnosi na verovatnoću nastanka događaja. Opasnosti uključuju rizik (tj. verovatnoću), uticaj (ili veličinu) i kontekstualne (društveno-političke) elemente. Jednostavno, opasnosti su pretnje ljudima i stvarima. One su delom društveno konstruisane percepcije ljudi, oblikovane njihovim iskustvima. Dakle, opasnosti mogu varirati u zavisnosti od kulture, pola, rase, socioekonomskog statusa i političke strukture takođe. Katastrofe, za razliku od rizika i opasnosti, jesu pojedinačni ili interaktivni hazardni događaji koji imaju dubok uticaj na ljude ili mesta, bilo u smislu povreda, imovinske štete, gubitka života ili uticaja na životnu sredinu. Konačno, ranjivost je potencijal za gubitak ili sposobnost da se pretrpi šteta od opasnosti. Ovaj termin, koji istraživači koriste na različite načine, generalno se može primeniti na pojedince, društvo, ili životnu sredinu.

Međutim, ono što je za neke opasnost, za druge je poslovna prilika, trenutak duhovnosti, radosno iskustvo, kulturno značajan momenat, „ništa strašno“ ili samo uobičajeni svakodnevni događaj. Ono što je nekim „normalno“ ili čak neophodno, predstavlja najgore strahove drugih. Na percepciju hazarda utiču faktori kao što su lično iskustvo, različita znanja o hazardima, različiti pogledi na svet (Bog, priroda, tehnologija, društvo, vlada, itd.), kultura, pol, bogatstvo, starost, lične i profesionalne uloge koje ljudi preuzimaju i prilagođavanje opasnostima. Odgovori na hazarde će se razlikovati u zavisnosti od percepcije opasnosti i ličnih okolnosti. Ako imate 10 godina i velika mećava vas drži kod kuće jer su škole zatvorene, možete proslaviti dan tako što ćete napraviti Sneška Belića ili se družiti sa prijateljima. Ako ste roditelj od koga se očekuje da bude na poslu, a ne može da priušti gubitak, odnosno smanjene prihode, ta mećava nije izvor radosti! Na isti način, doživljavaju se opasnosti povezane sa globalnim promenama životne sredine. Naučnici kažu da će efekti globalnih klimatskih promena verovatno doneti korist nekim regionima sveta, dok će drugima naneti štetu.

Neki autori hazard prepoznaju kao ekstremnu geofizičku pojavu koja poseduje potencijal da izazove nepogodu ili katastrofu. Izraz „ekstremna“ ukazuje na pojavu koja u nekom smislu odskake od prosečnih vrednosti – u pozitivnom ili negativnom smeru. Svaki hazard ima mesto (lokaciju) i vreme pojavljivanja, magnitudu i učestalost.

Lokacija prirodnih hazarda prvenstveno zavisi od prirodnih procesa, uključujući pomeranje tektonskih ploča, uticaj vremenskih prilika, nagib terena, na kome nakon obilnih kiša mogu nastati klizišta. Ali procesi kao što su urbanizacija, degradacija životne sredine i klimatske promene takođe mogu uticati na lokaciju, pojavu (učestalost) i intenzitet prirodnih opasnosti. Ovi procesi su poznati kao pokretači rizika.

Hazardi se javljaju u različitim intenzitetima (ili veličinama), u različitim vremenskim skalama. Naučnici govore o pojavi opasnosti različitog intenziteta u smislu verovatnoće ili perioda do ponovnog javljanja (takođe poznatih kao intervali ponavljanja), u kontekstu neizvesnosti. Generalno, što je duži period do ponovnog javljanja (što je opasnost ređa), to je veći intenzitet opasnosti. Zbog ovih dugih intervala ponavljanja, neke zajednice se možda ne sećaju potencijalne opasnosti od hazarda visokog intenziteta. Takva je bila situacija pri erupciji planine Pinatubo 1991. godine (druga najveća vulkanska erupcija 20. veka), koja je dovela do raseljavanja 20 000 staroselaca koji su živeli u njenom podnožju i izazvala velika klizišta (poznata kao 'lahari'), koja su pogađala naselja čak i nekoliko godina nakon erupcije.

Hazardi se, takođe, javljaju na različitim geografskim (prostornim) razmerama. Na primer, tornado – po svojoj pojavi i uticaju – ima tendenciju da bude prilično lokalizovan, dok se suše mogu javiti na nekoliko desetina hiljada kilometara. Mnoge zemlje su izložene višestrukim hazardima. Stoga je od suštinskog značaja da se razmotri rizik koji se odnosi na čitav niz opasnosti koje mogu uticati na ljude ili imovinu. Nažalost, bilo je nekoliko slučajeva u kojima nije uzet u obzir čitav niz opasnosti; na primer, nakon razornog cunamija u Indijskom okeanu 2004. godine, neki stambeni objekti u Ačeu, u Indoneziji, rekonstruisani su u područjima podložnim poplavama, što znači da su porodice izložene budućim opasnim događajima.

Hazardi, pored ostalog, mogu biti u interakciji: erupciju planine Pinatubo na Filipinima 1991. godine pratio je tajfun Junja, koji je kišom natopio nagomilani vulkanski pepeo. Težina vlažnog pepela dovela je do urušavanja krovova kuća i drugih objekata, što je rezultiralo sa više od 300 smrtnih slučajeva direktno povezanih sa erupcijom. Kao što ovaj primer pokazuje, interakcija između opasnosti može dovesti do toga da ukupan uticaj bude veći nego da su se ove opasnosti dogodile u odvojenim vremenima, što ima velike implikacije na procenu rizika.

Kardona (Cardona) (2003) ukazuje na to da se koncept hazarda koristi da ukaže na latentnu opasnost ili eksterni faktor rizika za izloženi subjekat. Može se izraziti matematički kao verovatnoća pojave prirodnog procesa određenog intenziteta, na određenom mestu i u toku nekog vremenskog perioda.

UN/ISDR (2004) definiše hazard kao potencijalno štetne prirodne pojave. Prirodni fenomeni koji mogu dovesti do ljudskih žrtava i povreda, prouzrokovati ogromnu materijalnu štetu, dovesti do poremećaja društvenog i ekonomskog sistema i izazvati degradacije prirodne sredine, označeni su kao prirodni hazardi.

Iako ponekada dođe do terminološke zabune i tretiranja termina hazard i rizik kao sinonima, hazard i rizik imaju potpuno različito značenje.

Iz ovog ugla, rizik se može definisati kao proizvod elemenata koji su podložni riziku (E: stanovništvo, zgrade i građevinski objekti, privredne aktivnosti, javne usluge, komunalne usluge i infrastruktura) i specifičnog rizika (S: očekivani stepen gubitka usled određenog prirodnog fenomena kao funkcija prirodnog hazarda i ranjivosti):

$$R = E \times S$$

$$R = E \times H \times V \text{ jer je } S = H \times V$$

Prema tome, prirodni hazardi predstavljaju potencijalnu opasnost od prirodne pojave koja može da ugrozi ljude i materijalna dobra, a rizik pokazuje koja je verovatnoća pojave prirodnog hazarda i kakve posledice možemo očekivati. Sagledavši sve, zaključuje se da je prirodna nepogoda ili katastrofa realizacija pojavljivanja hazarda, odnosno da predstavlja stvarne posledice delovanja prirodnog hazarda na društvo i njegove produkte.

Termin hazardi se odnosi na prirodne pojave koje mogu pojedinačno ili u nekoj kombinaciji da pogode različita mesta (na priobalju, padinama, trusnim područjima, savanama, džunglama) u različita vremena (godišnje doba, doba dana, tokom vremena ponavljanja različitog trajanja). Stepenn intenziteta i težina opasnosti varira. Mada je naše poznavanje kauzalnih fizičkih mehanizama nepotpuno, broj proučavanih događaja je dugačak (reč je o uraganima, zemljotresima, snežnim lavinama ili sušama) i omogućuje nam da izračunamo statističku verovatnoću mnogih opasnosti u vremenu i prostoru. To znanje, mada neophodno, daleko je od dovoljnog za izračunavanje stvarnog stepena rizika.

Karakteristike prirodnih hazarda

Karakteristike hazarda koje nam omogućavaju da ih uporedimo u vremenu i prostoru uključuju magnitudu, intenzitet, učestalost i trajanje. Naučnike ne zanima samo vrsta i pojava opasnih događaja; neophodno je i saznanje da li ima sistematskih promena u njihovim karakteristikama. Veličina hazarda, odnosno magnituda, opisuje snagu događaja. Da bi se procenila veličina, mora postojati baza na osnovu koje se ocenjuju magnituda. U slučaju poplava, na primer, magnituda se često opisuje se kao maksimalna visina poplavnog talasa. Za seizmičke događaje, magnituda se meri na Rihterovoj skali, koja procenjuje količinu oslobođene energije koja nastaje usled zemljotresa. Intenzitet je karakteristika hazarda koja je zasnovana na subjektivnom ljudskom doživljaju. Na primer, modifikovana Merkalijeva skala meri intenzitet zemljotresa na osnovu oštećenja objekata, kao i ljudskog doživljaja. Safir-Simpsonova skala koristi se za merenje intenziteta i veličine uragana. Snaga uragana, kao i njihov uticaj na okolinu, procenjuje se na osnovu petostepene skale. Uragani pete kategorije su označeni kao najteži i najrazorniji (Tabela 14).

Tabela 14. Safir-Simpsonova skala za merenje jačine uragana
(modifikovano prema <https://www.nhc.noaa.gov/aboutsshws.php>)

Safir-Simpsonova skala - jačina (intenzitet) uragana			
Kategorija	Brzina vetra		
	Milja na sat (mph)	Kilometara na čas (km/h)	Čvorova (kn)
Peta	>157	>252	>137
Četvrta	130 – 156	209 – 251	113 – 136
Treća	111 – 129	178 – 208	96 – 112
Druga	96 – 110	154 – 177	83 – 95
Prva	74 – 95	119 – 153	64 – 72
*Ova skala uzima u obzir samo brzinu vetra			
*Koristi se samo za uragane u Atlanskom okeanu i Severnom Pacifiku			

Frekvencija pojavljivanja hazarda ili učestalost opisuje koliko često se dešava događaj date veličine ili intenziteta. Frekvencija se može izraziti u kvalitativnim terminima, kao što su „često“ ili „retko“, ili u kvantitativnim procenama, kao što su intervali ponavljanja. Za poplave, interval ponavljanja od 10 godina sugerise da u bilo kojoj godini poplava te veličine ima 10% (1 od 10) šanse da se dogodi. Trajanje je druga vremenska dimenzija, koja opisuje koliko dugo događaj traje. Ova karakteristika hazarda može da varira od kraćih perioda (do nekoliko minuta) do dužih intervala (decenijama).

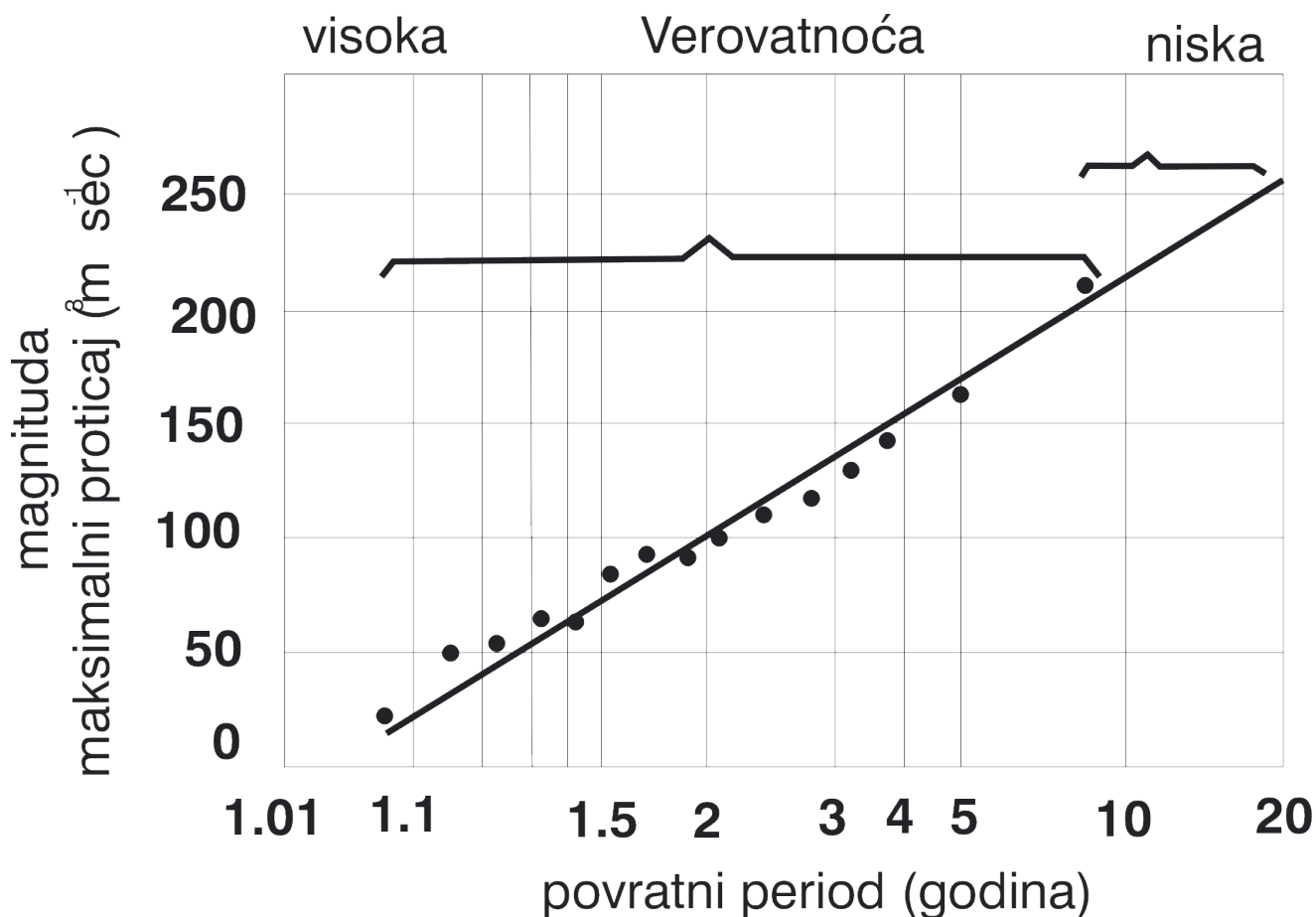
Veličina, odnosno magnituda hazarda je često obrnuto proporcionalna učestalosti, frekvenciji njihovog pojavljivanja. Kada se magnituda događaja nacrtu u odnosu na logaritam njegove frekvencije, često se pokazuje tip odnosa prikazan na slici. Dijagram intervala ponavljanja u odnosu na magnitudu hazarda (Slika 43) ukazuje na odnos koji aproksimiraju upravo srazmeran odnos veličine događaja i ponovnog pojavljivanja.



Slika 43. Odnos magnitude i frekvencije hazarda (modifikano prema Nott, 2006)

Analiza ekstremnih događaja oslanja se na pretpostavku uniformizma, odnosno na uverenje da su prošli procesi i događaji dobar vodič za budućnost. Ovakav pristup veoma je prikladan za hazarde na koje ljudska aktivnost ne utiče. Na primer, razumno je pretpostaviti da su globalni tektonski procesi, pod uticajem velikih geoloških sila, ostali prilično konstantni tokom vremena. Ovaj pristup manje je pogodan za one hazarde i procese za koje se zna da su se promenili, posebno tokom novije ljudske istorije. Upravo zato, može doći do značajne promene u odnosu magnituda – frekvencija za poplavu u

slivu, ukoliko su ljudi posekli šume. Iako ima ograničenja, analiza hazarda na ovaj način često se koristi da bi se prikazala npr. veličina poplava koje se mogu očekivati jednom godišnje, svakih 10 godina, svakih 100 godina itd. Ali, dok „stogodišnja” poplava ima verovatnoću od 1:100 da se dogodi u bilo kojoj godini, i procenjeni prosečni period povratka od jednog veka, u praksi bi se takva poplava mogla desiti sledeće godine, ili za 200 godina, ili bi procena njene učestalosti mogla biti premašena nekoliko puta u narednih 100 godina (Slika 44).

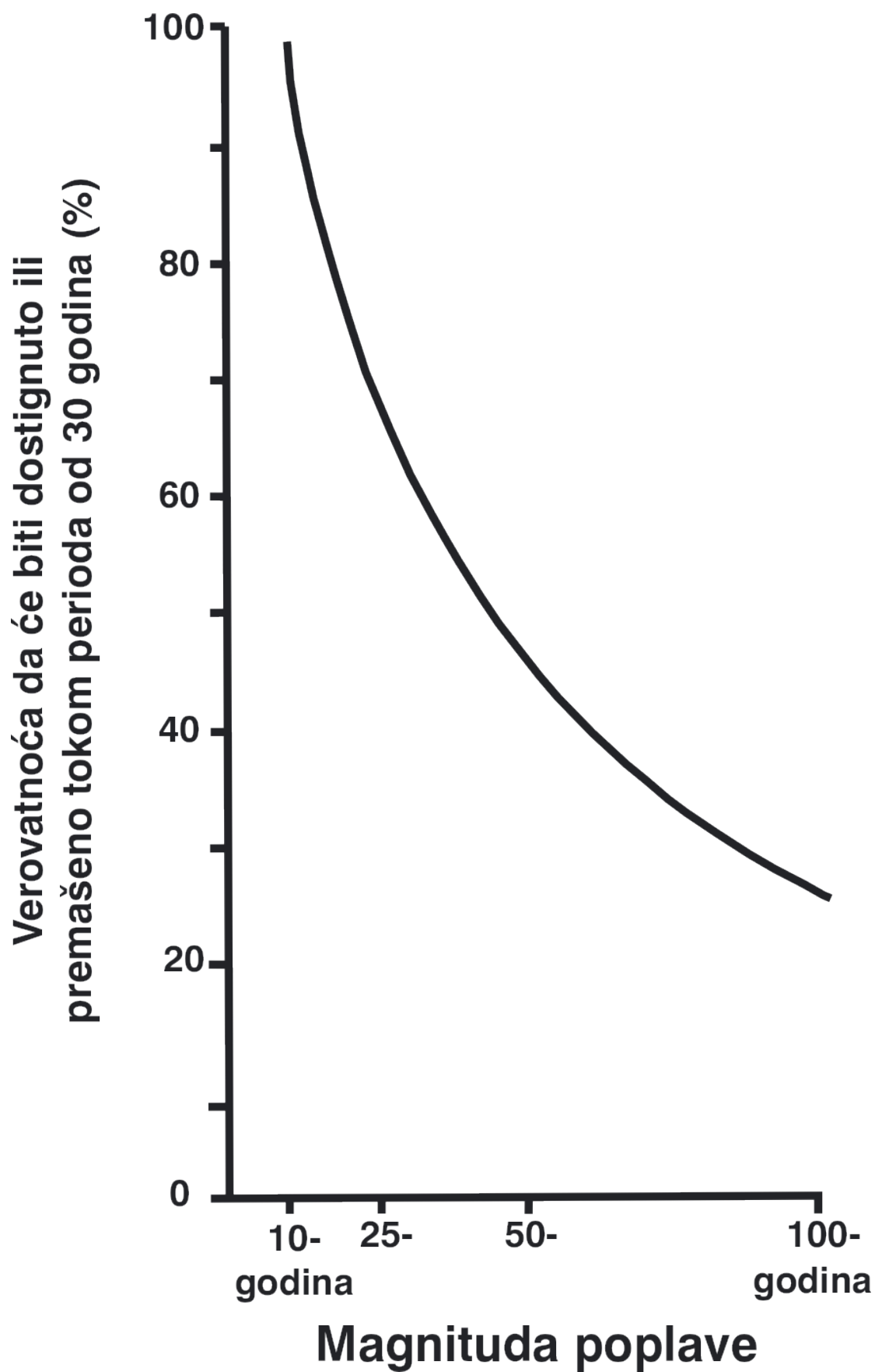


Slika 44. Odnos ponovnog pojavljivanja i magnitude hazarda (modifikovano prema Nott, 2006)

Uprkos ovakvim nedostacima, ovakve procene pomažu inženjerima da dizajniraju i izgrade mnoge ključne delove infrastrukture u područjima podložnim delovanju hazarda. Na listi su brane i nasipi za kontrolu poplava, nuklearne elektrane koje treba zaštititi od olujnih udara i bolnice u zonama zemljotresa koje moraju biti zaštićene od urušavanja tokom potresa. Inženjeri obično planiraju na osnovu „projektnog događaja”, što je veličina opasnog događaja koji izgrađena konstrukcija treba da izdrži tokom svog životnog veka.

Stvarni period povratka za projektovani (predviđeni) događaj varira u zavisnosti od prirode hazarda i ranjivosti rizičnih elemenata. Na primer, velike brane na glavnim rečnim tokovima se često grade da bi izdržale i poplave koje se dešavaju u deset hiljada godina (od 1:10.000 godina), jer bi u suprotnom posledice kvara bile katastrofalne za zajednice koje žive nizvodno od brane. Odnosi magnituda – frekvencija se široko koriste

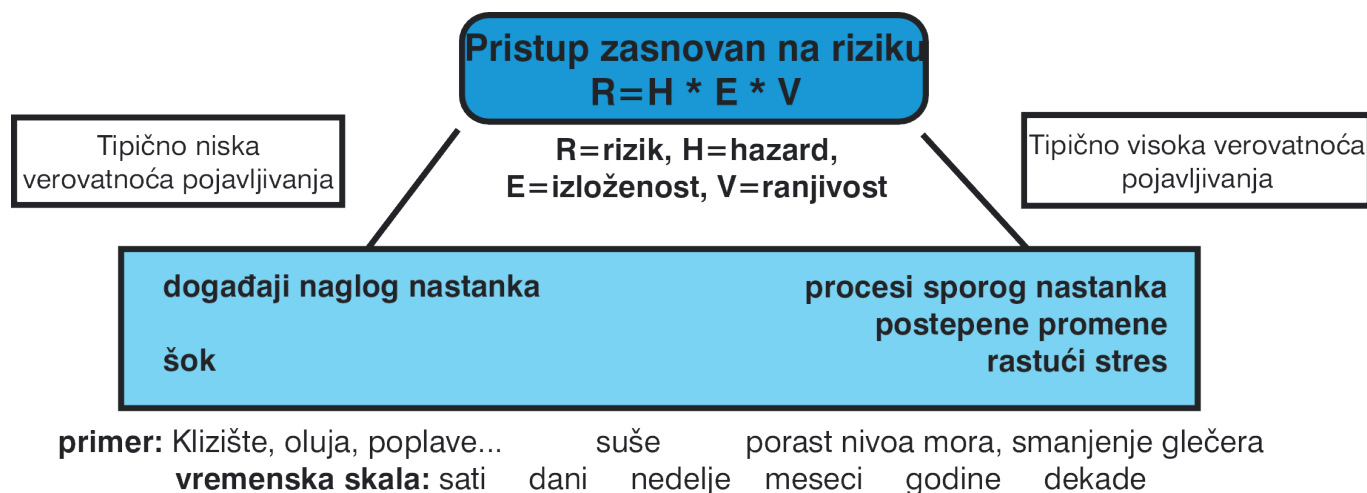
u mnogim drugim aspektima upravljanja hazardima. Na primer, hipotekarni zajmodavac bi možda želeo da zna odnos magnitude i frekvencije rizika od poplava – tokom prosečnog perioda trajanja hipoteke od 30 godina – za nove kuće izgrađene na poplavnoj ravni. Slika 45 prikazuje mogućnost da se događaj pojavi ili premaši predviđanja za ovaj period. Poplava čiji je period ponavljanja duži od 50 godina ima 45 procenata verovatnoće da će se dogoditi, ali ako se odabere period ponavljanja od 100 godina, verovatnoća pada na 26 procenata. Ovo je dragocena informacija za osiguravajuća društva. Ako kompanija može da proceni verovatnoću da će šteta biti načinjena i verovatni trošak potraživanja od osiguravajućeg društva – koji će delimično biti kontrolisan veličinom događaja – tada se premija osiguranja može odrediti na odgovarajući način. Ako je procena verovatnih gubitaka previsoka, onda će i premija osiguranja biti visoka i može se pokazati kao nekonkurentna.



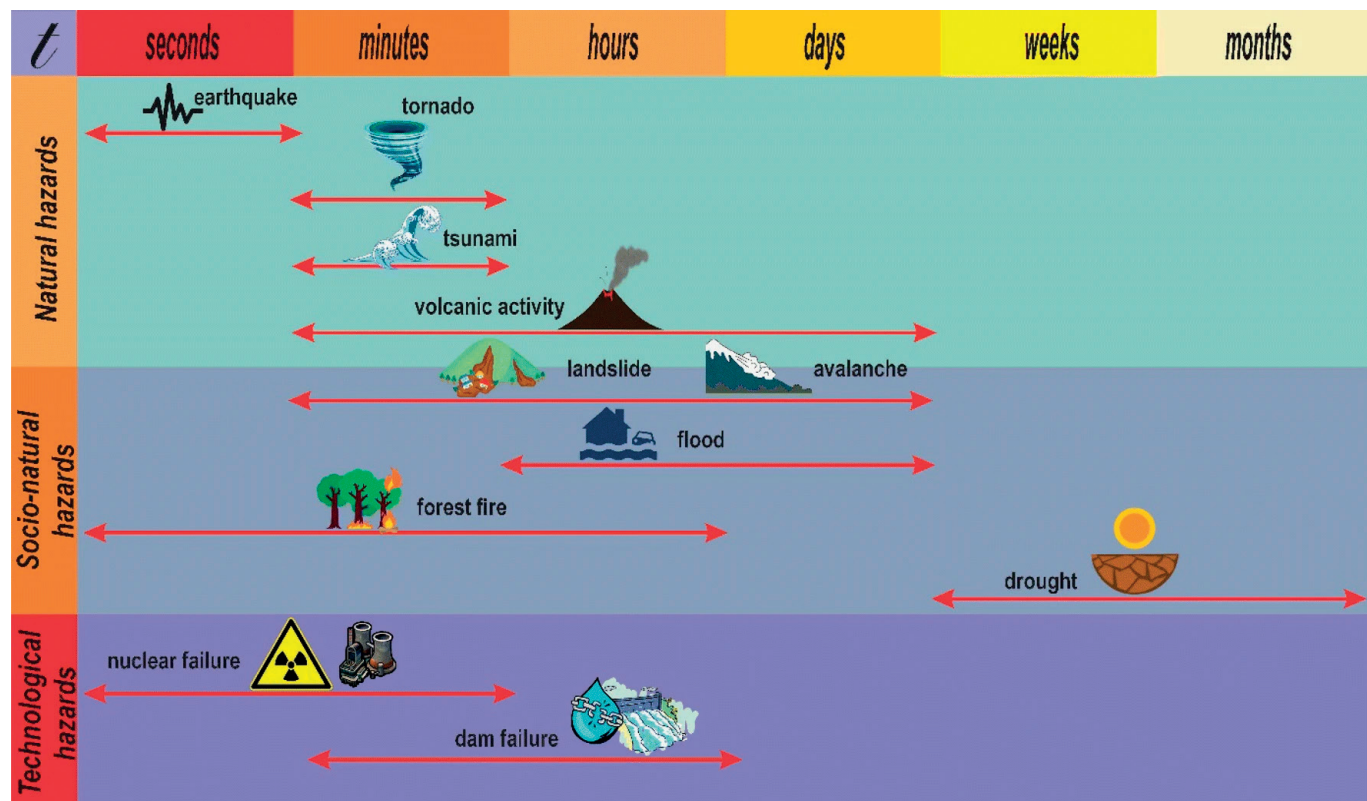
Slika 45. Mogućnost da se događaj pojavi ili premaši predviđanja tokom 30-ogodišnjeg perioda
(modifikovano prema Nott, 2006)

Brzina ili stopa natupanja hazarda se odnosi na period između prvog pojavljivanja događaja i njegovog vrhunca. Neke događaje, kao što su tornada i zemljotresi, karakteriše brzo nastajanje (*rapid onset*), dok druge hazarde, kao što su erozija tla, zagađenje ili suša, karakteriše sporiji tok (*slow onset*) (Slika 46). Brzina ili stopa nastupanja je karakteristika hazarda koja je ključna u ljudskim naporima da se izbegnu neki od najgorih

uticaja. Drugim rečima, veliki deo savremenih napora u upravljanju opasnostima usmeren je ka poboljšanju naše sposobnosti da otkrijemo znake predstojećeg opasnog događaja što je ranije moguće, kako bismo proširili vreme između detekcije signala i vrhunca događaja. Na taj način bismo stvorili efikasne sisteme za upozorenje i eventualnu evakuaciju ugrožene populacije.



Slika 46. Prikaz sporo i brzo nastupajućih događaja (modifikovano prema Schäfer, 2021)



Slika 47. Brzina nastupanja i propagacije pojedinih hazarda

Događaji sa brzim početkom su pojedinačni, događaji sa jasno prepoznatljivim početkom i/ili završetkom i koji se dešavaju ili se ponavljaju za nekoliko dana ili čak sati na lokalnom, nacionalnom ili regionalnom nivou. Procesima koji se sporo razvijaju, međutim, nedostaje jasno prepoznatljiv početak ili kraj; manifestuju se kao pojave koje se postepeno ili inkrementalno razvijaju.

Njihova ozbiljnost se manifestuje kroz transformaciju i degradaciju životne sredine u dugom periodu – obično su u pitanju godine, decenije ili čak vekovi. Primeri ovih sporo razvijajućih hazarda su rast globalne temperature i porast nivoa svetskog mora (Slika 47). Impakti se osećaju na svim nivoima od lokalnih do globalnih razmera (Tabela 15).

Tabela 15. Osnovne karakteristike sporo i brzo nastupajućih klimatskih događaja

	Brzo nastupajući	Sporo nastupajući
Vrsta događaja/procesa	Jedan, izolovan događaj	Postepen, „prikrađajući” događaj
Vremenski okvir	Nastupa u toku nekoliko sati ili dana.	Spor, razvija se u toku nekoliko godina, decenija pa čak i vekova;
	Jasno se može identifikovati početak i kraj.	Može se ubrzatu u toku vremena; Postepeno se uočavaju efekti; Ne može se jasno identifikovati početak i kraj.
Predvidivost	Nemoguće je predvideti frekvenciju i intenzitet.	Sporo nastupajući procesi su predvidivi događaji: 1. U interakciji su sa antropogenim i drugim faktorima; neizvestost konkretnih uticaja; 2. Njihova manifestacija se razlikuje na lokalnom nivou.
Impakti	Jasno vidljivi impakti, velika šteta nastaje za kratko vreme i ograničeni su na neko geografsko područje.	Štete se javljaju u postepenom narušavanju životne sredine; Postepeni uticaji tokom dužeg vremenskog perioda.
Nivoi uticaja	Javljaju se na lokalnom, nacionalnom, regionalnom nivou	Rasprostiru se preko šireg geografskog područja, potencijalno kontinenata

Vremenski razmak kao karakteristika hazarda opisuje redosled i sezonalnost pojave opasnosti. Neki hazardi su prilično nasumični u svom vremenskom razmaku (industrijske nesreće, vulkanske erupcije), dok druge opasnosti imaju sezonsku ili redovnu periodičnost (tornada, uragani). Vremenski razmaci u kojima se određeni hazardi pojavljuju imaju veoma jasne implikacije za upravljanje njima. Ukoliko se može očekivati da će određene opasnosti pojavljivati u određenim godišnjim dobima ili u relativno redovnim intervalima, moguće

je biti spreman za blagovremeno slanje poruka potencijalno pogođenim grupama i preduzimanje neophodnih napora da se omogući brže i efikasnije reagovanje u hitnim slučajevima. Veoma lep primer je uragan Berta, u julu 1996. godine, kada je federalna vlada SAD izdala saopštenje da timovi za spasavanje budu spremni za eventualne nove udare nakon uragana Endruja. Hazardi koji se nasumično pojavljuju su mnogo izazovniji za agencije za hitne slučajeve, jer im je potreban dovoljan

nivo pripremljenosti u svakom trenutku za redak slučaj koji zahteva brze, efikasne i efektivne odgovore.

Sledeće dve karakteristike hazarda nam omogućavaju da ispitamo njihov geografski obuhvat. Areal ili obuhvat je mera prostora obuhvaćenog događajem, odnosno hazardom. Neke opasnosti, kao što je tornado ili izlivanje nafte, mogu zahvatati malu površinu; druge, kao što su suše ili velike nuklearne nesreće (poput one u Černobilju 1986. godine), obuhvataju velike geografske prostore.

Prostorna disperzija se odnosi na raspodelu opasnosti po prostoru u kome se one mogu javiti. Prostorna disperzija je korisna mera i karakteristika hazarda, jer razlikuje one koje se javljaju unutar određenog regiona i one koji su rasprostranjeniji. Na primer, iako tornado

može da se javi na čitavom prostoru SAD, prvenstveno se javlja u „tornado pojasu” Velikih ravnica od Teksasa do Nebraske.

Konačna karakteristika hazarda odnosi se na prirodu izlaganja, što je važno za smanjenje rizika i ublažavanje uticaja opasnosti. Na primer, da li je izlaganje dobrovoljno ili nevoljno? Uz mnoge opasnosti po životnu sredinu, imamo malo kontrole nad tim da li smo izloženi hazardima – ne možemo ni da kontrolišemo vreme niti da zaustavimo zemljotrese. S druge strane, imamo određeni stepen izbora (dobrovoljnosti) o tome gde živimo (npr. aluvijalne ravni, priobalni region), koju vrstu hrane jedemo (npr. organski ili komercijalno uzgojeni proizvodi) ili aktivnosti kojima se bavimo (npr. ronjenje, upotreba droga ili pušenje) koje direktno utiču na našu ranjivost na neke opasnosti.

Profil prirodnog hazarda: primer - Tornado

1. Magnituda - Opis hazarda

Magnituda tornada meri se na skali Fudžita Tornado (Fujita Tornado), koja meri ozbiljnost oštećenja. Fudžita skala dodeljuje numeričke vrednosti na osnovu brzina vetra i kategorije tornada od FO do F5. Tornado su povezana sa većim vrtložnim formacijama i stoga se često formiraju u konvektivnim ćelijama kao što su grmljavine ili u desnom prednjem kvadrantu uragana, daleko od oka uragana. Snaga i broj tornada nisu povezani sa snagom uragana koji ih generiše. Često najslabiji uragani proizvode najviše tornada.

Put i širina jednog tornada uglavnom su manji od 1 km. Dužina putanje jednog tornada može biti od nekoliko stotina metara do nekoliko desetina kilometara. Tornado se obično kreće brzinom između 50 i 200 km/h. Prosečan životni vek tornada retko prelazi 30 minuta. (FEMA 1997)

2. Frekvencija

Verovatnoća pojavljivanja je između 10% i 100% da se u narednoj godini javi, ili bar jedna šansa u narednih 10 godina. Vejn Siti, Indijana, SAD (Vayne City, Indiana, USA) se nalazi u državi koja u proseku ima 50 do 100 tornada godišnje.

3. Brzina i istopa nastupanja

Manje od tri sata

4. Sezonalnost

Tokom cele godine, mada češće u prolećnim, letnjim i jesenjim mesecima.

5. Areal ili prostorni obuhvat

Ograničeno na 10% do 25% površine Velikih ravnica.

Klasifikacija hazarda

Postoje različiti tipovi hazarda, ali posmatrajući uzroke, hazardi se mogu podeliti na dve vrste: hazarde izazvane prirodnim faktorima i hazarde izazvane ljudskim faktorima koji su povezani sa prirodnim okruženjem.

Razumevanje i dokumentovanje uticaja prirodnih hazarda jeste osnova za donošenje odluka i utvrđivanje akcija za smanjenje rizika od katastrofa. Uticaji prirodnih hazarda su višestruki: negativan uticaj na ljude ogleda se u raseljavanju, beskućništvu i smrtnim slučajevima, ali i ekološkim impaktima (gubitak močvara, dezertifikacija) i ekonomskim gubicima (oštećenje imovine i useva). Dokumentovanje uticaja na standardizovan i sveobuhvatan način predstavlja veliki izazov zbog nedostatka zajedničke terminologije za hazarde, metodologije merenja i indikatora ljudskih gubitaka. Nemogućnost da se uporede gubici usled različitih hazarda u prostoru i vremenu otežava procenu tereta katastrofa na globalnom i lokalnom nivou. Da bi se prevazišli ovi izazovi, program Integrirano istraživanje rizika od katastrofa (Integrated Research on Disaster Risk - IRDR) pokrenuo je projekat o podacima o gubicima od katastrofe (disaster loss data DATA) kako bi proučavao pitanja vezana za prikupljanje, skladištenje i diseminaciju podataka o gubicima usled katastrofa. Nedavno je radna grupa DATA projekta usvojila standardnu terminologiju hazarda, kao i njihovu klasifikaciju za operativnu upotrebu u bazama podataka o gubicima, oko koje su se složili svi članovi Radne grupe. Rečnik hazarda koji se nudi u ovom dokumentu pruža smernice o klasifikaciji događaja i jedinstvenu terminologiju. Ne samo da je zamišljen kao sveobuhvatna lista opasnosti ili kao konačan definitivni standard opasnosti, nego ovaj tehnički dokument detaljno opisuje šemu klasifikacije i definicije hazarda koje se koriste u bazama podataka o gubicima, a koje će se vremenom implementirati u globalne baze podataka kao što su EM- DAT, NatCatService.

Prema Peril Classification and Hazard Glossary, objavljenom 2014. godine, klasifikacija razlikuje tri nivoa, koji se kreću od najopštijeg (porodica) do najspecifičnijeg (opasnost), ili od najspecifičnijeg (opasnost) do najopštijeg (porodica). I pored nastojanja da se prate naučne klasifikacije i terminologija koliko god je to moguće, u nekim slučajevima je odabran pragmatičniji pristup usklađivanju sa potrebama baze podataka o gubicima.

Ovaj revidirani sistem klasifikacije razlikuje tri nivoa: porodica, glavni događaji i hazardi. Postoji šest širokih kategorija opasnosti unutar porodične grupe:

1. Geofizički hazardi: hazardi koji potiču od sila unutar zemlje. Ovaj termin se može koristiti naizmenično sa terminom geološki hazardi;
2. Hidrološki hazardi: hazardi uzrokovani pojavom, kretanjem i distribucijom površinske i podzemne slatke i slane vode;
3. Meteorološki hazardi: hazardi uzrokovani kratkotrajnim ekstremnim vremenskim i atmosferskim uslovima na mikro- i mezoskalama koji traju od nekoliko minuta do više dana;
4. Klimatološki hazardi: hazardi uzrokovani dugotrajnim atmosferskim procesima mezo- do makro-razmera u rasponu od unutarsezonske do višedekadne klimatske varijabilnosti;
5. Biološki hazardi: hazardi uzrokovani izloženošću živim organizmima i/ili toksičnim supstancama ili vektorskim bolestima koje oni mogu preneti;
6. Vanzemaljski hazardi: opasnosti koju izazivaju asteroidi, meteoroidi i komete dok prolaze blizu Zemlje, ulaze u zemljinu atmosferu i/ili udaraju u zemlju, kao i promena međuplanetarnih uslova koji utiču na Zemljinu magnetosferu, jonosferu i termosferu.

Gil i Malamud (Gill i Malamud) (2014) podelili su prirodne hazarde u šest grupa. U studiji su, takođe, procenili vremenske i prostorne skale različitih grupa i tipova hazarda. Šest grupa hazarda i 21 vrsta opasnosti su:

1. Geofizički hazardi: zemljotres, cunami, vulkanska erupcija, klizište i snežna lavina;
2. Hidrološki hazardi: poplave i suše;
3. Hazardi od plitkih litoloških procesa: regionalno sleganje i izdizanje, lokalno sleganje i izdizanje, i urušavanje tla;
4. Atmosferski hazardi: tropski ciklon, tornado, grad, sneg, munje i grmljavina, dugoročne klimatske promene i kratkoročne klimatske promene;
5. Biofizički hazardi: šumski požar;
6. Hazardi iz svemira: geomagnetne oluje i udari.

Grupe hazarda koje su predložili ovi naučnici su skoro ekvivalentne porodicama hazarda koju je napravila ICSU-IRDR, ali postoje dve bitne razlike. Prva

je u tome što su meteorološke i klimatološke porodice ICSU-IRDR kombinovane u jednu atmosfersku grupu u Gilovoj klasifikaciji. Druga razlika je u tome što je u Gilovoj klasifikaciji dodata grupa hazarda koja se odnosi na plitke geofizičke procese, odnosno na zemljotrese sa epicentrima bliže površini.

Prema Hevitu (Hevitt) (1997), hazardi su podeljeni u sledeće kategorije:

1. Prirodni hazardi obuhvataju četiri vrste: meteorološke, hidrološke, geološke i geomorfološke, biološke hazarde i opasnosti od bolesti;
2. Tehnološki hazardi uključuju opasne materijale, destruktivne procese i opasne konstrukcije;
3. Hazardi prouzrokovani društvenim nasiljem uključuju oružje, kriminal i organizovano nasilje;
4. Složeni hazardi uključuju maglu, kvar brane i eksploziju gasa;
5. Kompleksne katastrofe uključuju glad, izbeglice, poplave zatrovanim vodama, nuklearni otpad i eksplozije nuklearnih elektrana.

Sendajski okvir za smanjenje rizika od katastrofa 2015–2030. (The Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030) bio je jedan od tri značajna sporazuma koja su Ujedinjene nacije usvojile 2015. Druga dva su Ciljevi održivog razvoja Agende 2030. (Sustainable Development Goals of Agenda 2030) i Pariski sporazum o klimatskim promenama (Paris Agreement on Climate Change). UNDRR/ISC Sendai Tehnički izveštaj o definiciji hazarda i klasifikaciji počiva na sva tri izveštaja i pruža zajednički set definicija hazarda. Ovakvo jedinstveno definisanje neophodno je za praćenje i reviziju implementacije koja zahteva upotrebu složenih podataka, rigorozne mehanizme odgovornosti i obnovljena globalna partnerstva.

Kako bi se napravila jedinstvena lista hazarda i kako bi mogla da se koristi na svim nivoima, prvo je urađen pregled postojećih rečnika i terminologija hazarda. Za ovaj poduhvat, terminologije i definicije koje su se razmatrale spadaju u jednu od sledeće tri kategorije: one koje su odobrene u procesima međuvladinih organizacija; one koje su objavljene u uticajnim međunarodnim časopisima; i one koje su opšteprihvaćene od strane stručne zajednice, ali još uvek nisu odobrene na međuvladinom nivou. Primeri treće kategorije uključuju neke najčešće korišćene definicije požara i poplava. Korišćeni izvori podataka su uključivali, ali nisu bili ograničeni na:

1. Ujedinjene Nacije, uključujući UNDRR i druga UN tela, programe, fondove i specijalizovane agencije;
2. Naučne i tehničke izveštaje (DesInventar, the Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2019 (UNDRR, 2019a), INFORM16, EM-DAT17, Evidence Aid18, Swiss Re Sigma19 and Glide20);
3. Sistematski se pristupalo veb-sajtovima ključnih organizacija UN, kao što su Svetska meteorološka organizacija (SMO) i Svetska zdravstvena organizacija (SZO), kako bi se identifikovali objavljeni rečnici i terminologije hazarda.

Razmotreni su svi oni izvori koji se odnose na katastrofe, vanredne situacije i opasnosti. Oni su, zatim, korišćeni za sastavljanje početnog nacrtu liste opasnosti. Revidirani su i korišćeni sledeći dokumenti:

1. IRDR Peril Classification and Hazard Glossary (IRDR, 2014)
2. Report of the OIEWG on Indicators and Terminology Relating to Disaster Risk Reduction (UNGA, 2016)
3. UNDRR Sendai Framework Monitor hazards reported by UN Member States (UNDRR, 2019d)
4. UNDRR Prevention Web list of hazards (UNDRR, 2019c)
5. WHO Health Emergency and Disaster Risk Management Framework (WHO, 2019). IRDR klasifikacija i rečnik hazarda iz 2014. (IRDR Peril Classification and Hazard Glossary, 2014) predstavljao je veliki napor da se razvije rečnik hazarda i doprineo teoriji i praksi poboljšanjem informacija o ključnim opasnostima i njihovom uticaju. Rečnik IRDR Peril se fokusirao na prirodne hazarde (geofizičke, hidrološke, meteorološke, klimatološke) sa dodatkom još dve kategorije (tipa) – biološki i vanzemaljski. U skladu sa Sedajskim okvirom, koji je prihvatao sveobuhvatan pristup hazardima, kao i UNGA definiciju, u ovom rečniku izdvojeni su prirodni, biološki, antropološki/tehnološki (stvoren delovanjem ljudi), hemijski, društveni, i ekološki hazardi. Pored toga, sve kategorije iz Peril rečnika su proširene, naročito biološki i ekstraterestrički.

Dodatni partner pozvan da se pridruži ovom projektu bio je Međunarodna federacija crvenog krsta i crvenog polumeseca (IFRC The International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies), jer je to najveća svetska humanitarna mreža, sa 192 nacionalna društva

i preko 13,7 miliona volontera. Njihovo učešće osiguralo je da se stavovi i potrebe zajednica ne zaborave. U toku ovog projekta sprovedene su ankete i organizovane radionice na kojima su učestvovali naučnici i stručnjaci iz različitih odeljenja UN. Saradnja različitih jedinica UN i naučne zajednice širokog spektra disciplina imala je za cilj rešavanje problema mogućih hazarda i što bolje korišćenje postojećih resursa i stručnosti za podršku koordinisanim i holističkim naporima za razumevanje i rešavanje rizika od katastrofe. Pored širokog angažmana sa nizom zainteresovanih strana tokom procesa, u kratkoj anketi učestvovalo je i preko 500 stručnih pojedinaca iz šire savetodavne grupe (koju čine akademski istraživači, naučnici i praktičari zaposleni u privatnom sektoru ili u nevladinim organizacijama, i specijalisti za politiku). Rezultati iz ove ankete su doveli do konkretnih predloga za poboljšanje nacrtu liste hazarda i oni su korišćeni za stvaranje konačne liste. Hazardi su grupisani tako da odražavaju kategorizacije hazarda obuhvaćene Sendajskim okvirom, uz dodatak „društvenih“ opasnosti. Odlučeno je da se hazardi predstave u grupisanoj strukturi sa tipovima i klasterima hazarda. Ukupno, 302 hazarda su uključena na listu sa 88 bioloških, 60 hidrometeoroloških, 53 tehnoloških, 35 geohazarda, 25 hemijskih, 24 hazarda po životnu sredinu, 9 ekstraterestričkih i 8 društvenih hazarda.

Osnovi klasteri hazarda

Meteorološki i hidrološki hazardi

Meteorološki i hidrološki hazardi su oni koji proističu iz stanja i ponašanja Zemljine atmosfere, njene interakcije sa kopnom i okeanima, vremenskih prilika i klime, kao i rezultirajuće distribucije vodnih resursa. Prema EM-DAT-u, od 1979. do 2019. godine, 50% svih zabeleženih katastrofa (uključujući tehnološke i „kompleksne“ katastrofe), 56% smrtnih slučajeva i 75% ekonomskih gubitaka pripisuje se vremenskim, klimatskim i hidrološkim. U neke od najrazornijih hazarda spadaju tropski cikloni, suše, poplave i toplotni talasi. Ove hazarde posmatraju, prate i predviđaju nacionalne meteorološke i hidrološke službe svake zemlje.

Ekstraterestrički hazardi

Ekstraterestrički hazardi su oni koji dolaze van Zemlje, kao što su udari asteroida i meteorita ili sunčeve baklje, odnosno geomagnetne oluje. Solarne baklje mogu da izazovu široko rasprostranjene poremećaje i

štetu na komunikacionim satelitima i sistemima prenosa električne energije, što rezultira velikim ekonomskim gubicima. Udari asteroida mogu izazvati značajnu lokalnu štetu i mogu dovesti do katastrofalnog uništenja, uključujući masovno izumiranje na globalnom nivou (izuzetno retko).

Geofizički

Geohazardi su opasnosti geološkog porekla. Podeljeni su u tri klastera, od kojih su dva – seizmološki i vulkanološki – rezultat unutrašnjih geofizičkih procesa planete Zemlje, a treći – plitki geohazardi – rezultat površinskih ili pripovršinskih procesa, koji generalno rezultiraju erozijom ili nekom vrstom kretanja materijala. Seizmološki hazardi, koji se obično nazivaju zemljotresi, dovode do podrhtavanja tla, sleganja ili pucanja tla, ali takođe mogu izazvati hazarde kao što su cunami ili odron kamenja. Vulkanološke opasnosti dovode do širokog spektra opasnosti od toka lave i odrona kamenja do pepela i podzemnih gasova. Neki geohazardi mogu biti delimično izazvani ili pogoršani ljudskom aktivnošću, a takvi su zemljotresi, vrtače usled rudarskih aktivnosti, ili erozija obale usled krčenja šuma.

Hazardi u životnoj sredini

Hazardi po životnu sredinu nastaju degradacijom prirodnih sistema i ekosistema od kojih zavisi čovečanstvo. Ekosistemi, uključujući vazduh, vodu, zemljište, biodiverzitet i neke ključne procese, ugroženi su degradacijom životne sredine, koja se ovde definiše kao gubitak korisnosti. Degradacija može biti veoma postepen proces koji je teško uočiti na dnevnoj bazi. Ovo uključuje gubitak biodiverziteta, zaslanjivanje zemljišta, gubitak permafrosta i morskog leda. Globalno distribuirani zagađivači u atmosferi i okeanima imaju velike uticaje na klimatski sistem naše planete, kao i na lance ishrane, a plastika je sada glavni uzrok degradacije životne sredine. Degradacija takođe može biti veoma brza, kao kod iznenadne kontaminacije, krčenja šuma ili drugih poremećaja. Ljudska aktivnost takođe može ubrzati degradaciju. Uticaji olujnih talasa su pogoršani uništavanjem priobalnih i morskih ekosistema (npr. korala, mangrova i morske trave), a iskopavanje peska u rekama utiče na struje i nivo vode, izazivajući promene u obrascima poplava i suša. Uticaji degradacije životne sredine se često najjasnije vide kroz druge opasnosti. Na primer, osetljivost na klizišta se povećava krčenjem šuma, a na intenzitet i učestalost poplava, suša i toplotnih talasa utiču promene klime i zemljišnog pokrivača.

Hemijski hazardi

Upotreba hemikalija je dramatično porasla u mnogim sektorima, uključujući industriju, poljoprivredu i transport, pri čemu su ljudi izloženi hemikalijama prirodnog i antropogenog porekla, u ekološkom i tehnološkom domenu. CAS registar¹⁾ sadrži više od 160 miliona organskih i neorganskih hemijskih supstanci. Smatralo da je važno uključiti hemijske opasnosti koje imaju trenutne (akutne) efekte, kao i one sa dugoročnim efektima, koji su često rezultat dugotrajnog izlaganja sa štetnim zdravstvenim ishodima, kao što su oštećenje nervnog i imunološkog sistema, oštećena reproduktivna funkcija i razvoj, rak i oštećenja organa. Toksikobudnost je aktivan proces identifikacije i procene toksičnih rizika u zajednici i evaluacije mera preduzetih za njihovo smanjenje ili uklanjanje. Nekoliko hemijskih opasnosti je uključeno u informacije o hazardima i većina se odnosi na deset hemikalija koje je SZO identifikovala kao one koje imaju ogroman uticaj na javno zdravlje (SZO, 2010). Pored njih, tu su i ona hemijska jedinjenja koja mogu da dovedu do ogromnih i teško kontrolisanih požara, kao i uporne organske hemikalije i generičke opasnosti poput hemijskih požara. CBRNE (hemijska, biološka, radijaciona, nuklearna ili eksplozijska) grupa opasnosti je šira od vojnog oružja i uključuje endemske bolesti, epidemije, industrijske hemikalije, opasnosti od eksplozije, zagađenje i terorističke pretnje.

Biološki hazardi

Biološki hazardi obuhvataju čitav niz hazarda organskog porekla. Imaju dalekosežne negativne posledice, jer mogu da izazovu značajan gubitak života, utičući na ljude i životinje, kao i biljke, i dovode do ozbiljnih ekonomskih i ekoloških gubitaka (Vannous et al., 2017). Oni uključuju patogene mikroorganizme i toksine i bioaktivne supstance koje se javljaju prirodno ili se (ne)namerno oslobađaju. Bakterije, virusi, paraziti, otrovne životinje i komarci koji nose uzročnike i prenosnike bolesti takođe su primeri bioloških hazarda. Izloženost zoonotskim patogenima često je izvor zaraznih bolesti kod ljudi, što stavlja fokus na procenu rizika i mere upravljanja rizikom na interfejsu čovek-životinja-sredina. Mnogi biološki hazardi nisu uzeti u obzir u okviru ove inicijative, jer ne ispunjavaju dodatne propisane kriterijume. To uključuje posebno pominjanje u Međunarodnim zdravstvenim propisima (2005) (SZO, 2016), pojavljivanje na listi bolesti koje se prijavljuju u nekoliko zemalja, koje

izazivaju bolest na nacionalnom ili globalnom nivou i imaju potencijal da prerastu u epidemiju ili pandemiju. Mnogi biološki hazardi grupisani su u klastere, dok su drugi, specifičniji, identifikovani pojedinačno, kao što je najezda skakavaca. Na primer, jedna najezda pustinskog skakavca može pogoditi čak 65 najsiromašnijih zemalja sveta i do 20% Zemljine kopnene mase (Cressman et al., 2016). Patogeni mikroorganizmi i toksini imaju jedinstvene karakteristike koje ih mogu učiniti posebno izazovnim za identifikaciju i upravljanje, kao što su raznolikost agenasa (mnogo različitih mikroorganizama i toksina) i različiti putevi prenosa (vazдушnim i kapljičnim putem, infestacija, gutanje, životinjski vektori i krvlju). Ovi hazardi, takođe, mogu predstavljati visok rizik za nastanak epidemija i pandemija, posebno od mikroorganizama koji su visoko virulentni. Druge katastrofe, koje nastaju usled drugih prirodnih hazarda, mogu pogoršati uslove za razvoj bioloških hazarda kroz oštećenu vodnu infrastrukturu i kroz unošenje novog patogena u osetljivu zajednicu. Primeri nedavnih velikih epidemija ili pandemija uključuju COVID-19 (od 2019), ebolu u Demokratskoj Republici Kongo (2018–2020) i Zapadnoj Africi (2013–2016), i Zika virus u regionima Amerike i Pacifika (2015–2016).

Tehnološki hazardi

Karakteristika tehnoloških sistema je njihova složenost, sa mnogo zavisnih podsistema. Dakle, kvar jednog elementa unutar ovog sistema imaće uticaje koji se šire po celom lancu. Tehnološke opasnosti nastaju kada se desi kvar u postojećoj tehnologiji, kao i iz upotrebe novih tehnologija. Ovi hazardi se povećavaju zbog obima tehnološke ekspanzije. Tehnološki hazardi uključuju sve transportne sisteme (kopno, more, vazduh) i mogu uticati na infrastrukturu koja podržava ove sisteme. Radijacija i nuklearni materijali pripadaju klasteru hazarda i uključuju nesreće u nuklearnim elektranama, nesreće na industrijskim radijacionim uređajima i pogrešnu upotrebu nuklearnog oružja. Ovi hazardi obuhvataju i opasnosti od eksplozivnih naprava, pre svega miliona nagaznih mina koje još nisu locirane, kao i improvizovanih eksplozivnih naprava koje se koriste u rudarskim aktivnostima. Oni izazivaju fizičke traume i opekotine i vrlo često mogu predstavljati dugoročne rizike za preživele, uključujući infekcije, oštećenje bubrega i štetne efekte na mentalno zdravlje. Novi skup tehnoloških rizika obuhvaćenih Sendai okvirima uključuje opasnosti vezane za ICT sektor. Postoji stalna i rastuća zavisnost

1) <https://www.cas.org>

od informacionih i komunikacionih tehnologija za podršku osnovnim infrastrukturnim operacijama kao što su zdravstvo, bankarstvo, transport, energija, obrazovanje i mnoge druge usluge koje su važna komponenta novih pametnih gradova i koncepata razvoja sela, preduzeća i domova. Ove pretnje se povećavaju iz godine u godinu, a ovi pokretači se mogu opisati kao sajber virusi, crvi, trojanski konji, napadi lažiranja i krađa identiteta. U sajber opasnosti mogu se uključiti i nezakonito otkrivanje ukradenih podataka, podaci koji su izmenjeni nezakonitim sredstvima ili malverom, neočekivani gubitak i kontaminacija podataka. Ostali povezani problemi mogu biti prestanak rada neke od komponenti, problemi sa povezivanjem bežične komunikacije, malver, napadi, pogrešne konfiguracije zbog ljudske greške, nestanak struje, prirodne opasnosti i katastrofe.

Društveni hazardi

Društveni hazardi su u potpunosti ili pretežno uzrokovani ljudskim aktivnostima i imaju potencijal da ugroze izloženu populaciju i životnu sredinu. Oni proizilaze iz društveno- političke, ekonomske, kulturne aktivnosti i ljudske mobilnosti i upotrebe tehnologije, ali i društvenog ponašanja – bilo namernog ili nenamernog. Društveni hazardi mogu da rezultiraju katastrofama i izazovu značajan broj smrtnih slučajeva, bolesti, povreda, invaliditeta i drugih zdravstvenih efekata, poremećaja u društvenim sistemima, uslugama, kao i socijalnim, ekonomskim i ekološkim uticajima. Pošto je ovo veoma široka kategorija (klaster), koja uključuje tehnološke i hemijske

opasnosti, potrebno je definisati tip koji uključuje neke društvene procese i pojave.

Obim društvenih hazarda koji su definisani u datom rečniku određen je na osnovu pregleda postojećih rečnika i terminologija hazarda. Ovo je pokazalo da su neki pojmovi uključivali terminologiju koja se posebno odnosi na nasilje i sukobe, i da su takvi hazardi takođe prijavljivani od strane nekih država članica UN. Usled prepoznavanja potencijalne osetljivosti u ovoj oblasti, dogovoreno je da ovaj klaster zahteva dalje razmatranje iz naučne perspektive. Sendajski okvir ne uključuje termine koji se odnose na „oružani sukob“, „društvenu nestabilnost ili napetost“. Međutim, ovi hazardi su priznati u međunarodnom humanitarnom pravu i nacionalnom zakonodavstvu. Postoje dokazi da neke regionalne i nacionalne strategije za smanjenje rizika od katastrofa usvajaju definicije opasnosti koje obuhvataju terminologiju povezanu sa terminima kao što su „nasilje“ i „oružani sukob“ (Peters et al., 2019). Termini koji se odnose na nasilje i sukobe su uključeni ovde, kao deo razmatranja svih hazarda, i obezbeđuju opšte dogovorene definicije za svaku opasnost, bez obzira na naknadne radnje koje mogu proizaći iz različitih okvira politike.

U ovom udžbeniku fokus je pre svega stavljen na prirodne hazarde i katastrofe koji oni izazivaju. Iz tog razloga, ovde je usvojena podela hazarda na osnovu njihovog izvora, koju su koristili Lukić i saradnici (Lukić et al) (2012) kako bi klasifikovali prirodne katastrofe. Ovakva podela počiva na principima Sendajskog okvira za smanjenje rizika od katastrofa 2015–2030, a koristi se u velikim svetskim bazama (EMDAT).



RIZIK OD PRIRODNIH HAZARDA I NEPOGODA

Ljudsko društvo u 21. veku odlikuje izgrađena svest o različitim vrstama opasnosti, odnosno rizicima koji nas okružuju, kao i o mogućim posledicama. Neki rizici su lokalnog karaktera, a neki globalnog, neki su neizbežni za sve (npr. klimatske promene), uz stalnu pojavu novih, koji izazivaju promene i zahtevaju prilagođavanje celokupnog društva. Prilagođavanja se reflektuju kroz razvoj novih naučnih istraživanja, novih institucija, novih profesija za upravljanje rizikom, kao i novih načina komunikacije, naučnih saznanja, podizanja svesti i promenom načina života i delovanja pojedinaca.

Termin „rizik” široko je zastupljen kako u svakodnevnom govoru tako i u različitim naučnim disciplinama. U kontekstu prirodnih hazarda i nepogoda, rizik se najčešće predstavlja kao rezultat koji se očekuje da će proizaći iz kolizije prirodne i društvene komponente.

„Rizik povezan sa opasnostima po životnu sredinu zavisi ne samo od fizičkih uslova i događaja, već i od ljudskih postupaka, uslova (faktora ranjivosti, itd.), odluka i kulture... Ozbiljnost posledica bilo koje katastrofe zavisiće i od toga koliko ljudi izabere ili oseća da nemaju drugog izbora osim da žive i rade u područjima sa većim rizikom...” (ICSU, 2008, str. 14).

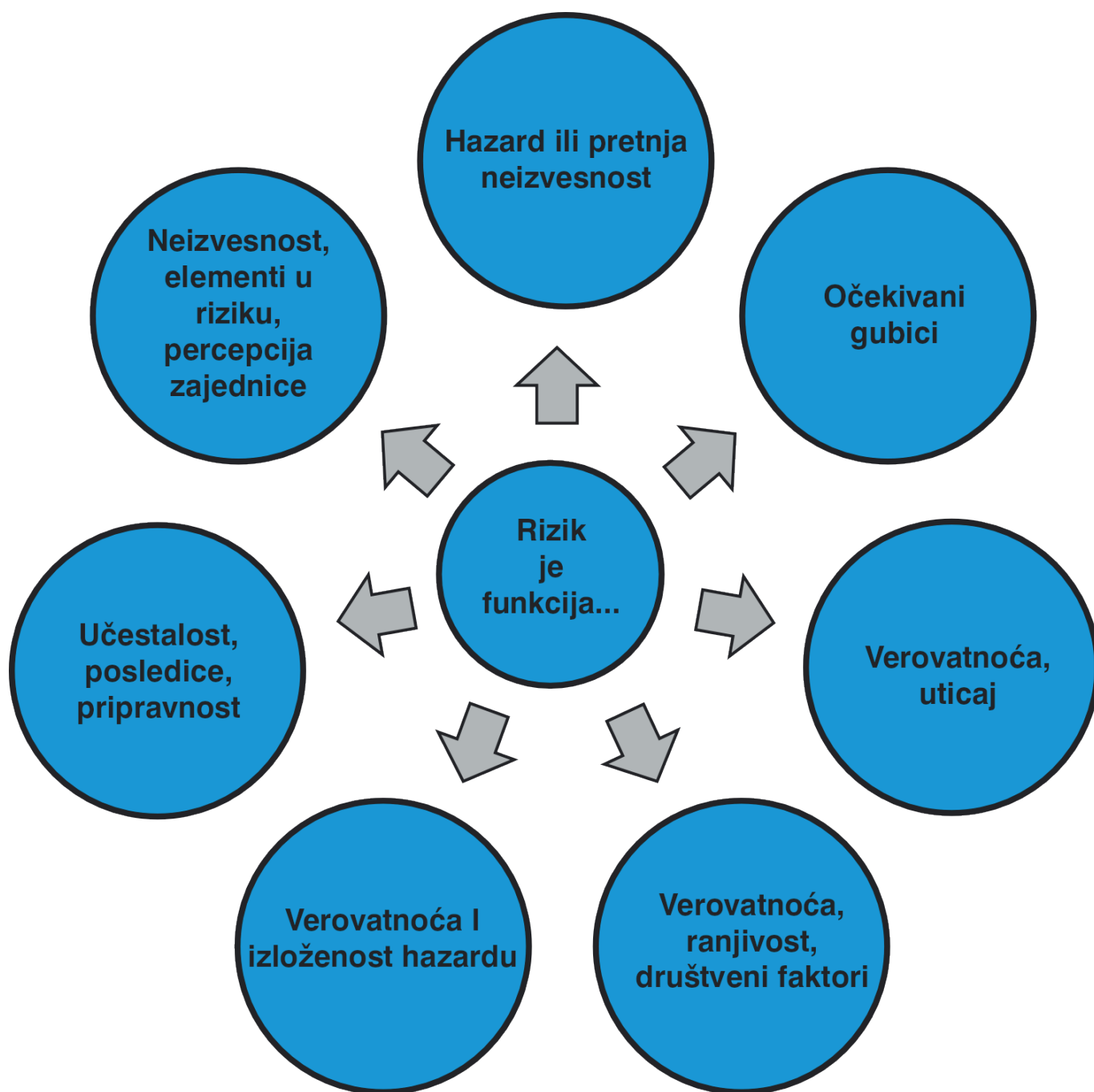
U svom modelu Višner i saradnici (Wisner et al. 2004) (eng. Pressure and Release Model - PAR) razmatrali su rizik kao funkciju hazarda i ranjivosti. Smatrali su da rizik od katastrofe predstavlja kombinovanu funkciju prirodnog rizika i broja ljudi koje karakteriše različiti stepen osetljivosti na taj rizik, i koji se nalaze na mestu i u vreme dešavanja rizične pojave. Ovde postoje tri elementa: rizik (katastrofa), osetljivost i opasnost, što je predstavljeno u pojednostavljenoj jednačini:

$$R = H \times V$$

Gde je R – rizik, H – hazard i V – osetljivost.

Model pritiska i ublažavanja (PAR model) predstavlja jednostavnu alatku za prikazivanje načina kako se katastrofe javljaju kad se hazardi jave na mestima gde je broj stanovnika prilično velik. Osetljivost stanovništva potiče iz društvenih procesa, kao i snage prirodnog hazarda.

Rizik je definisan kao funkcija verovatnoće nastanka opasnog događaja i potencijalnog gubitka za ljude, imovinu i/ili životnu sredinu, kao što je prikazano u jednačini. Istorijski zapisi o prošlim katastrofama daju razumne procene verovatnoće pojave opasnosti, pa se smatra da se rizik može kvantifikovati korišćenjem verovatnoća i posledica. Informacije o ranjivim populacijama i elementima koji su posebno izloženi riziku mogu se proceniti korišćenjem različitih indikatora i kriterijuma. Percepcija rizika, prikazana na Slici 48, takođe igra značajnu ulogu u tome kako se upravljanje rizikom od katastrofa sprovodi u različitim društvima i kulturama. Stoga, percepcija postaje važan faktor koji treba uzeti u obzir u upravljanju rizikom, a rizici mogu varirati u zavisnosti od geografske lokacije i lokalnih uslova.



Slika 48. Različiti načini percipiranja rizika (modifikovano prema Nirupama, 2013)

U literaturi se javlja i nekoliko varijacija standardne jednačine rizika (Tabela 16). Sve one su podjednako korišćene u izučavanju rizika od prirodnih hazarda i nepogoda. Nastale su iz različitih definicija koje se i danas široko koriste.

Tabela 16. Lista jednačina za procenu rizika od prirodnih nepogoda
(modifikovano prema Nirupama, 2012)

Predložena jednačina rizika	Varijabla osim verovatnoće i impakta	Autori
$R = p \times L^2$	$x(>1)=perceptija$	White and Burton (1982)
$R = p \times S$	$S=ozbiljnost$	Goverment of Michigan (2001)
$R = p \times V \times n$	$n=društvene posledice$	Ferrier and Hague (2003)
$R = \frac{H \times L}{preparadness \times (mitigation)}$	Merljive mere pripremljenosti i mitigacije	Smith (2004)
$R = p \times L \times f(x)$	$f(x)=faktor averzibilnosti rizika$	Schneider et al. (2006)
$R = H \times V \times M$	$M=sposobnost ljudi da seprilagode$	Noson (2009)
$R = H \times Elements at Risk \times V$	$Elements at risk=objekti izloženiriziku$	Smith and Petley (2009)
$R = H \times (V \times cp)$	$cp=perceptija zajednice$	Nirupama (2012)

Definicija rizika od prirodnih hazarda i nepogoda

Koncept rizika je centralno pitanje za kreiranje politika u različitim oblastima kao što su zdravlje, životna sredina, tehnologija, finansije i bezbednost. Kako se razvijaju i primenjuju shvatanja rizika? Kako se rizici (koji odražavaju odnose sa okruženjem i koji su kulturno, socijalno i psihološki konstruisani) mogu pouzdano identifikovati? Kako se njima može upravljati? Pod kojim okolnostima ih treba prihvatiti ili odbiti? Najvažnije, kako će ih različiti ljudi tumačiti ili „percipirati“? Teško je dati opšte odgovore na ova pitanja ako rizik definišemo samo u smislu vrste događaja ili aktivnosti koje bismo obično nazvali „rizičnima“. Međutim, rizik mora da se definiše imajući u vidu procese, a oni se mogu

pokazati kao prilično opšti i priomenljivi. U naukama o procesu donošenja odluka rizik se definiše kao funkcija (a) verovatnoće i (b) vrednosti nekog mogućeg budućeg događaja. Verovatnoća može značiti više od statističke verovatnoće, a vrednosti više od ekonomske koristi i troškova. Još važnije, međutim, rizik ne proizilazi samo iz toga kako se neka budućnost može opisati, već iz neizvesnosti, stvarne ili percipirane, koja okružuje taj opis. Živeti sa prirodnim procesima koji su periodično opasni znači da ljudi imaju izbor koji treba da naprave, iako razlike u društvenim i kulturnim uverenjima i karakteristikama mogu dovesti do toga da neke zajednice i pojedinci imaju mnogo više opcija od drugih, a ovi izbori mogu imati posledice po one koji ih čine, ali i druge. Upravo zato što su ove posledice neizvesne i mogu nas ostaviti u boljem ili gorem položaju, govorimo o „riziku“.

U najširem smislu, rizik se definiše kao verovatnoća pojave štetnih posledica ili očekivanih gubitaka koji su rezultat delovanja određenog hazarda na određeni element u opasnosti tokom određenog vremenskog perioda.

U rečnicima se „rizik“ često opisuje kao „opasnost“ ili „izloženost nesreći ili opasnom faktoru“. Nije iznenađujuće da se u svakodnevnom govoru termini „rizik“ i „opasnost“ često koriste naizmenično. Osim toga, lingvistički problemi mogu povećati konfuziju jer ne postoji direktan prevod sa engleske reči „hazard“. U tehničkim definicijama pojmovi „rizik“ i „opasnost“ su međusobno povezani, ali ih treba jasno razlikovati. Za ekonomiste i inženjere rizik uglavnom označava verovatnoću pojave (negativnih) uticaja i generisanih gubitaka. U menadžmentu, „rizik“ se takođe posmatra kao mera neizvesnosti u pogledu postizanja postavljenih ciljeva. Istraživači pojašnjavaju razliku između rizika i hazarda u kontekstu prirodnih katastrofa u okviru sledeće analogije: „Dvoje ljudi prelaze okean, jedan u brodu, a drugi u čamcu za veslanje. Glavna opasnost (duboka voda i veliki talasi) je ista u oba slučaja, ali je rizik (verovatnoća utapanja) mnogo veći za osobu u čamcu na vesla“. Iako je razlika ovde nedvosmislena, još uvek postoje brojni pokušaji da se ona formuliše u različitim definicijama. Neki primeri definicije rizika u literaturi o opasnostima i upravljanju katastrofama ukazuju na zajedničku karakteristiku, a to je mogućnost pojave gubitaka i štete u društvu ili okruženju.

Lafond i Goselin (Lafond i Gosselin) 1994. godine su izneli definiciju da rizik predstavlja potencijal za slučajnu onesposobljenost ili nesreću, kao i mogućnost smrtnog ishoda odmah ili u budućnosti – kao rezultat izloženosti bilo kojoj od navedenih opasnosti ili hazarda. Iste godine je Čapman (Chapman) predstavio svoju definiciju rizika kao funkcije verovatnoće određenog prirodnog hazardnog događaja i ranjivosti kulturnih entiteta.

Koburn i saradnici (Coburn et al) (1994) iznose definiciju po kojoj se rizik odnosi na očekivane gubitke od date opasnosti do datog elementa u riziku, tokom određenog budućeg vremenskog perioda.

Istman i saradnici (Eastman et al) (1997) definišu rizik kao mogućnost da se pretrpi šteta usled delovanja hazarda. Sličnu definiciju daje i Burbi 1997. godine kada kaže da koncept rizika podrazumeva mogućnost pojave značajnih gubitaka.

Aleksandar (Alexandar) (2000) posmatra rizik kao verovatnoću da se određeni nivo gubitaka pojavi nakon

delovanja određenog nivoa hazarda. Elementi jednačine rizika odnose se na pojedinca, lokalnu zajednicu, izgrađenu infrastrukturu, životnu sredinu, ekonomske aktivnosti i usluge, odnosno, svi oni su pod pretnjom nekog hazarda u određenoj oblasti.

Kako je predstavljeno u dokumentu United Nations Environment Programme - UNEP (2002), rizik je verovatnoća izloženosti hazardu, koji može biti različite magnitude, i stope nastupanja.

UNDP (2004) sagledava rizik kao verovatnoću pojave negativnih posledica ili očekivanih gubitaka (žrtve, povrede, uništavanje materijalnih dobara,...) koje predstavljaju rezultat interakcije prirodnog hazarda i ranjivosti.

Beck (2007) je izdvojio neke od specifičnosti vezane za rizike koji se pojavljuju u društvu, a ukazuju na to da su procesi koji generišu rizike fundamentalno suprotni procesima koji generišu blagostanje u društvu; rizici su neravnomerno distribuirani (između različitih društvenih grupa); upravljanje rizicima predstavlja bitan segment političkih procesa; rizici pokazuju „bumerang efekat“, jer čak i najmoćniji i najbogatiji u društvu nisu sigurni, iako sebi mogu da priušte najbolju zaštitu od hazarda.

Većina predloženih definicija naglašava verovatnoću pojave kao jednu od glavnih determinanti rizika. Pokušaj da se matematički odredi rizik potiče iz ekonomske i inženjerske perspective, kada su pokušali da formalizuju jednačinu za procenu rizika. U predloženoj definiciji rizika spojeni su delovi definicije United Nations International Strategy for Disaster Reduction UNISDR-a sa definicijom Koburn (Coburn (1994)). U definiciju su uključeni termini „verovatnoća“, kao i upućivanje na specifičnu opasnost, element u opasnosti i vremensku dimenziju. Potencijalni elementi opasnosti ili rizika mogu biti životi (izgubljeni), osobe (povređene), imovina (oštećena) i/ili privreda (poremećena).

U naučnoj zajednici je široko prihvaćeno da se rizik ne može odrediti samo kao funkcija opasnosti, opisujući mogućnost fizičke povrede, već mora uključiti i ranjivost elementa u opasnosti. Termin ranjivost uglavnom se zasniva na socio-ekonomskom kontekstu pogođenih ljudi. Kao što Chapman (1994) već prihvata u svojoj definiciji, ranjivost takođe zavisi od kulturnog konteksta. U različitim kulturama percepcija opasnosti (ili rizika i osnovnih uzroka katastrofa) pojedinca ili grupa varira.

Nezavisno od shvatanja i definisanja rizika od prirodnih nepogoda, simultano se odvijalo izučavanje problematike percepcije rizika. Vremenom se pokazalo da percepcija rizika predstavlja osnovu u interpretaciji i artikulaciji pomenute problematike. Pitanje poimanja rizika je postalo aktuelno pitanje od trenutka uplitanja društvenih nauka u ovo polje, naročito psihologije/ psihometrije /antropologije.

Kod percepcije rizika uvek su uključena osećanja. Znanje, iskustvo, vrednosti, stavovi i osećanja utiču na razmišljanje i prosuđivanje ljudi o ozbiljnosti i prihvatljivosti rizika. Međutim, u društvenim naukama terminologija „percepcije rizika“ postala je konvencionalni standard. Mentalni modeli i drugi psihološki mehanizmi koje ljudi koriste za procenu rizika (kao što su kognitivna heuristika i slike rizika) internalizuju se kroz društveno i kulturno učenje i stalno moderiraju (modifikovani, pojačani ili oslabljeni) medijskim izveštajima, uticajima vršnjaka i drugim komunikacionim procesima.

Prilikom procene rizika u uslovima nesigurnosti, prepliću se dva modela razmišljanja: jedno je intuitivno i tu osećanja dominiraju (osećaj šta je dobro a šta loše, metafore, slike koje mogu da nam se pojavljuju pred očima...), a drugi je više oslonjen na logiku i analitiku, traje duže, ali je baziran na raspoloživim podacima, činjenicama, znanjima. Prema tome, postoje dva glavna pristupa proučavanju percepcije rizika, realistički pristup i konstruktivistički pristup. Realistički pristup percepciji rizika mogao bi se opisati kao sagledavanje koje ima za cilj da se percepcija što više približi objektivnom riziku nekog hazarda ili nepogode. Takav pristup pretpostavlja postojanje spoljašnjeg objektivnog sveta sa rizicima koje možemo prepoznati. Sa druge strane, konstruktivisti tvrde da rizik nije objektivni, već da je subjektivan i društveno konstruisan. To su oni modeli koji omogućavaju ljudima da se nose sa fenomenima koji se ne ponavljaju.

Nekoliko faktora određuje kako ljudi i različite organizacije posmatraju rizike i Pojedinci, institucije, zajednice ili društva mogu drugačije da percipiraju rizike zbog različitih kultura ili verovanja. Rizik se može posmatrati kao kolektivna i kulturna konstrukcija.

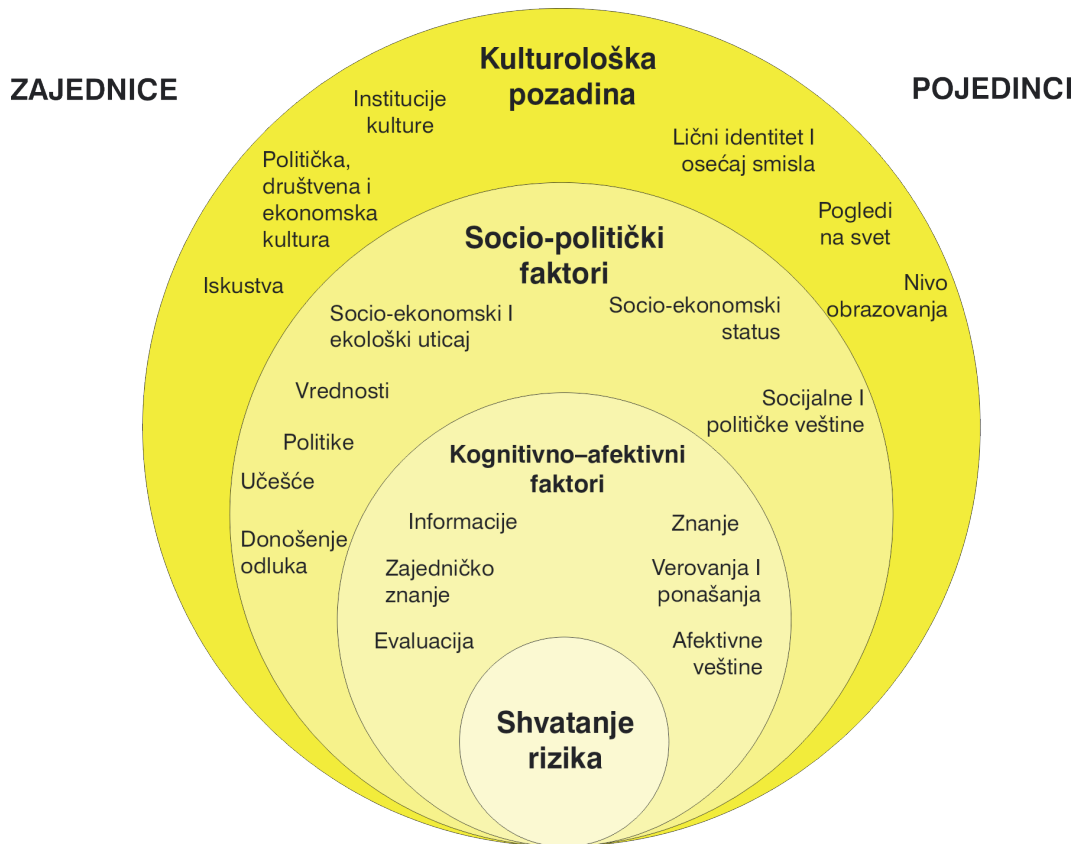
Slika 49 prikazuje faktore koji određuju percepciju rizika, i složena je kombinacija urođenih predrasuda i iskustva, odnosno kulturnih, društveno-političkih i emocionalnih faktora (Renn, 2000). Ovi faktori su i kolektivni i individualni. Iako se fokusiramo na dimenziju kolektiva, važno je znati da individualna dimenzija utiče na kolektiv. Dakle, faktori sa individualne strane su važni za određivanje globalnog faktora percepcije rizika. Percepcija je naše čulno iskustvo sveta oko

nas i uključuje prepoznavanje stimulusa iz okoline, i akcije kao odgovora na ove stimuluse. Kognitivni psiholozi navode te faktore kao osnove percepcije, kao što su na primer, lično iskustvo rizika, društvene komunikacije i kulturne tradicije.

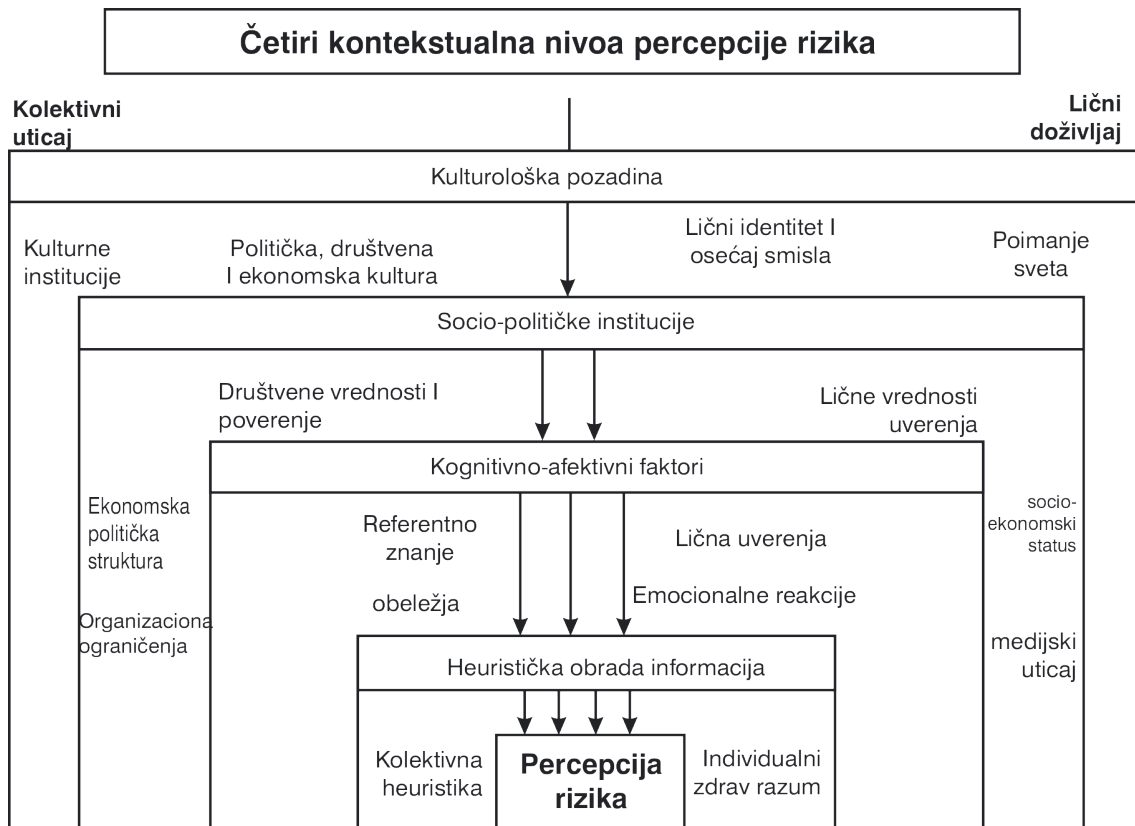
Doživljaj pojedinih rizika (bez razlike u pogledu vrste), koji pojedinci ili društvene grupe imaju, često značajno varira. Ove varijacije se objašnjavaju činjenicom da su podaci i informacije kojima ljudi raspolažu najčešće preuzeti iz nekih drugih izvora ili od drugih ljudi, pre nego dobijeni ličnim iskustvom. Informacija o riziku koja dolazi do pojedinca prolazi kroz različite čvorne tačke, koje obuhvataju grupe ili institucije od značaja (mediji, naučnici, itd.) i to utiče na moguće transformacije, koje se ogledaju u intenziviranju ili slabljenju pojedinih aspekata rizika. U mnogim slučajevima može se dogoditi da neće postojati kauzalna veza između percepcije rizika i ponašanja, već ponašanje može biti uslovljeno društvenom strukturom i okruženjem. Prema tome, ako se teži razumevanju percepcije rizika, neophodno je razumeti širi društveni kontekst u kojima individue obitavaju.

Ono što je evidentno jeste da percepcija rizika nije statična forma. Percepcija rizika je podložna promenama tokom vremena, a to se može posmatrati kao prostor za pozitivne pomake u shvatanju i doživljaju prirodnih hazarda i prirodnih nepogoda. Istraživanja usmerena na percepciju rizika pokazala su da je broj žrtava daleko manji ukoliko je zajednica svesna rizika. Takođe, manji je broj žrtava i ako je društvo edukovano o tome šta očekivati i kako reagovati u opasnim situacijama, posebno kada se pravovremeno raspolože informacijama o vrsti i intenzitetu nepogode.

Percepcije se mogu razlikovati u zavisnosti od vrste rizika, konteksta u kom se rizik pojavljuje, ličnosti pojedinca i društvenog okruženja. Različiti faktori kao što su znanje, iskustvo, vrednosti, stavovi i emocije utiču na razmišljanje i prosuđivanje pojedinaca o ozbiljnosti i prihvatljivosti rizika. Percepcije, takođe, igraju veliku ulogu u motivisanju pojedinaca da preduzmu mere da se izbegnu, ublaže, prilagode ili čak ignorišu rizike. Međutim, veza između percepcije rizika, spremnosti da se deluje i spremnosti za rizik još uvek nije jasna. U prošlosti su psihološki, društveni i kulturološki faktori koji utiču na percepciju rizika istraživani u okviru disciplina kojima pripadaju. Međutim, svi ovi različiti faktori su međusobno povezani i međusobno se pojačavaju ili umanjuju. Uzimajući u obzir ove interakcije, Renn i Rorman (Renn i Rohrmann, 2000) razvili su strukturirani okvir koji pruža složenu i sistematsku perspektivu percepcije rizika. Slika 50 ilustruje ovu perspektivu i sugerise četiri različita nivoa, odnosno okvira.



Slika 49. Faktori koji utiču na percepciju rizika (modifikovano prema Renn i Rohrmann, 2000)



Slika 50. Četiri nivoa percepcije rizika (Modifikovano prema Renn i Rohrmann, 2000)

Svaki nivo je dalje podeljen na dve podsekcije, koje predstavljaju individualne i kolektivne manifestacije percepcije rizika. Svaki nivo je ugrađen u viši nivo, da se istaknu međuzavisnosti individualnih, društvenih i kulturnih promenljivih.

Prvi nivo predstavlja heurističku obradu informacija. On obuhvata kolektivnu i individualnu heuristiku koja se primenjuje tokom procesa formiranja stavova. Ovi metodi su nezavisni od prirode datog rizika ili ličnih uverenja, emocija ili drugih obrazaca svesne percepcije pojedinca. Heuristika predstavlja strategije rasuđivanja zdravog razuma koje su evoluirale tokom biološke i kulturne evolucije. Razlikuju se među kulturama, ali većina dokaza u oblasti psiholoških istraživanja pokazuje iznenađujući stepen univerzalnosti u primeni ovih heuristika u različitim kulturama. Poboljšano znanje i stručnost u logičkom rasuđivanju i inferencijalnoj statistici, kao i razvijena svest o rizicima, mogu pomoći pojedincima da isprave svoje intuitivne sudove ili da primene ove stavove u situacijama u kojima se čine prikladnim. Nedavni rezultati istraživanja sugerišu da su ove metode prikladnije za rešavanje problema u mnogim svakodnevnim situacijama nego što se ranije pretpostavljalo (Gigerenzer i Selten, 2001). Bez obzira na normativnu vrednost koju ove heuristike mogu da ponude, one predstavljaju primarne mehanizme selekcije, memorisanja i obrade signala iz spoljašnjeg sveta i unapred oblikuju sudove o ozbiljnosti rizika o kome je reč.

Drugi nivo se odnosi na kognitivne faktore (zasnovane na znanju) i afektivne (zasnovane na emocijama) koji utiču na percepciju specifičnih svojstava određenog rizika. Spoznaja o izvoru rizika – ono što ljudi veruju da je istinito o riziku – pripisuje kvalitativne karakteristike specifičnim rizicima (npr. strah ili opcije lične kontrole) i određuje efikasnost ovih kvalitativnih karakteristika rizika na percipiranu ozbiljnost rizika i prosuđivanja o prihvatljivosti. U empirijskoj studiji, naučnici su uspeli da pokažu da je za japansko stanovništvo strah i uzbuđenje u prikazu slika katastrofe bilo povezano sa stepenom individualnog znanja i poznavanja dotičnog rizika, dok su američki ispitanici povezivali kolektivno naučno iskustvo i znanja o potencijalnim katastrofama. Međutim, ova dva uzorka su bila identična u dodeljivanju stepena katastrofalnog potencijala rizicima, čak i ako su imali različite mentalne modele o tome šta predstavlja katastrofalni potencijal. Činjenica da su pojedinci, u okviru sopstvene kulture, u mogućnosti da biraju između ra-

zličitih kognitivnih puteva opravdava razliku između dva primarna nivoa: kognitivnog faktora i heuristike.

Dok su kognitivni faktori istraživani do detalja, emocije su u prošlosti bile u velikoj meri zanemarene u istraživanju percepcije rizika. U skorije vreme, međutim, psiholozi su otkrili da afekti i emocije igraju važnu ulogu u procesima odlučivanja ljudi. Osećanja ljudi o tome šta je dobro ili loše u smislu uzroka i posledica rizika kreiraju njihova uverenja o riziku i, pored toga, utiču na proces balansiranja potencijalnih koristi i rizika. Afektivni faktori su posebno relevantni kada se pojedinci suočavaju sa odlukom kada postoji dvosmislenost u tumačenju toga šta predstavlja „pravi“ odgovor. U ovim slučajevima, izgleda da ljudi često rešavaju probleme fokusirajući se na one znake koji šalju najjače afektivne signale. Na kolektivnom nivou, stigme koje se odnose na izvore rizika ili aktivnosti imaju sličnu ulogu u stimulisanju emocionalnih odgovora. Empirijska istraživanja u vezi sa tehnološkim opasnostima pokazuju da su emocionalni i kognitivni faktori međusobno povezani. Još nije jasno da li kognitivna uverenja pokreću odgovarajuće emocionalne odgovore ili emocionalni impulsi deluju kao heurističke strategije za odabir ili razvoj argumenata koji podržavaju nečiji emocionalni stav. Kobeltved i saradnici (Kobbeltved et al. 2005) istraživali su uzročnu vezu između rizika, brige i emocionalnog stresa. „Rizik kao osećanja-hipoteza“ koju su postavili Lovenštajn i saradnici (Loevenstein et al. 2001) predvideo direktan uticaj osećanja na izbore ponašanja.

Treći nivo se odnosi na društvene i političke institucije koje pojedinci i grupe povezuju ili sa uzrokom rizika ili samim rizikom. Većina istraživanja na ovom nivou fokusira se na poverenje u institucije, posvećenost ličnim i društvenim vrednostima, organizaciona ograničenja, društvene i političke strukture i socio-ekonomski status. Jedan važan faktor u proceni rizika je percepcija pravičnosti i pravde u raspodeli koristi i rizika različitim pojedincima i društvenim grupama.

Mediji oblikuju individualno i društveno iskustvo rizika. Čini se da medijsko izveštavanje značajno doprinosi ličnoj percepciji rizika, posebno ako osoba nema lično iskustvo sa rizikom i nije u stanju da potvrdi navode o rizicima ili koristima iz sopstvenog iskustva. Za razliku od popularnog verovanja, međutim, nema dokaza da mediji stvaraju mišljenja o rizicima ili čak određuju percepciju rizika. Studije o medijskoj recepciji pre sugerišu da ljudi biraju elemente iz medijskih izveštaja i koriste sopstveni referentni okvir za stvaranje

razumevanja i značenja. Većina ljudi ponovo potvrđuje postojeće stavove čitajući ili gledajući medijske izveštaje.

Poslednji nivo se odnosi na kulturne faktore koji upravljaju ili zajedno određuju mnoge niže nivoe uticaja. Najkonkretnije objašnjenje za kulturološke razlike u percepciji rizika dolazi iz takozvane „kulturološke teorije rizika“. Prema ovoj teoriji, postoje četiri ili, u nekim studijama – pet prototipova odgovora na rizik. Ovi prototipovi se odnose na preduzetnike, egalitariste, hijerarhiste, atomizovane pojedince i, kao posebnu kategoriju, puštinjake. Mišljenja o valjanosti kulturne teorije rizika se veoma razlikuju. Slovil i saradnici (Slovic et al 2000) smatraju ovaj pristup korisnim u objašnjavanju nekih razlika u percepciji rizika; Sjöberg i Sjöberg i saradnici (Sjöberg 2001 i Sjöberg et al. 2000) su tvrdili da je varijansa objašnjena kulturnim prototipovima toliko niska da su odbacili ceo koncept. Postojala su i izražena skeptična gledišta, uglavnom zbog metodoloških razmatranja o empirijskoj validnosti tvrdnji. Svi autori se, međutim, slažu da su specifične preferencije i pristrasnosti zasnovane na kulturi zaista važni faktori u percepciji rizika. Pored teorije kulturnih prototipova, postoje dva sociološka koncepta koja daju uverljiva objašnjenja veze između makrosociološkog razvoja i percepcije rizika. Teorija refleksivne modernizacije tvrdi da su individualizacija, pluralizacija i globalizacija doprineli opadanju legitimiteta u pogledu profesionalaca i menadžera rizika. Zbog ovog gubitka poverenja u privatne i javne institucije, ljudi su postali skeptični prema obećanjima i procenjuju prihvatljivost rizika prema uočenom interesu i skrivenim motivima onih koji žele da društvo prihvati ove rizike. Drugi pristup preuzima koncept društvenih arena u kojima se moćne grupe bore za resurse kako bi ostvarile svoje interese i ciljeve. Ovde, simboličke konotacije koje konstruišu ove interesne grupe deluju kao moćni instrumenti oblikovanja za izazivanje novih uverenja ili emocija o riziku ili izvoru rizika.

Prema tome, percepcija rizika je termin koji se koristi za opisivanje subjektivnije procene rizika. Postoji veliki broj literature o opštoj percepciji rizika (skoro 1000 publikacija samo tokom 1980-ih) i sve veći broj literature u vezi sa prirodnim hazardima posebno. Pojam „podnošljivosti rizika“, na primer, sugerise da postoji nivo rizika koji su ljudi spremni da tolerišu ili „prihvate“, a u vezi sa nedostatkom prihvatanja novih tehnologija kao što je nuklearna energija. Ovaj tradicionalni pristup riziku sugerise da ako razumemo ljude i njihov odnos prema riziku uopšte (tj. da li su „tolerantni“ na rizik ili

„skloni riziku“), onda će to pomoći da se predvidi kako će reagovati na rizik od prirodnih opasnosti. Međutim, način na koji ljudi reaguju na prirodne pojave takođe se može posmatrati kao funkcija njihovog odnosa prema prirodnom svetu, a ne samo kao funkcija načina na koji reaguju na rizik uopšte. Stoga je važno otkriti na koji način se ljudi, zajednice ili kulture odnose prema prirodi oko sebe i na koji način procenjuju hazarde i rizike koji iz njega proističu.

Ako se pretpostavi da percepcija rizika ukazuje na stvarnu meru u kojoj članovi date zajednice ocenjuju verovatnoću da će se desiti opasni događaj, onda je lako zaključiti da bi obrazovanje bila najkorisnija intervencija u društvu. Ovde se pretpostavlja da se edukacija odnosi na nivo rizika koji su objektivno izračunali stručnjaci. Međutim, ako je ranije izlaganje informacijama o rizicima dovelo do neprijatne spoznaje da trenutne okolnosti ne pružaju dovoljnu zaštitu, a jasne opcije za alternative nisu dostupne, onda to ostavlja osobi izbor da promeni svoje ponašanje ili verovanja. Ovaj psihološki fenomen koji se odnosi na stvaranje kontradiktornih ideja poznat je kao kognitivna disonanca.

Utvrđeno je da je kognitivna disonanca prisutna u populacijama izloženim riziku od brojnih prirodnih opasnosti; na primer, vulkana, suša i poplava. Odlučujući da žive sa ponovljenom pretnjom odnosno rizikom, ljudi mogu doživeti kognitivnu disonancu i stoga će promeniti svoje stavove i/ili uverenja, a ne svoje ponašanje. Jedna takva strategija može biti poricanje rizika, ili obrnuto, može uključiti veće angažovanje u podizanju svesti i spremnosti. Strategija suočavanja kod svakog pojedinca biće motivisana nizom faktora, kako individualnih (npr. ličnost, prethodno iskustvo) tako i društvenih (npr. kultura, društveni identitet), a te složene interakcije je najteže razumeti. Obično se poricanje javlja kao odgovor na izražena osećanja straha, posebno kada se oseća da ne postoji način delovanja da se izbegne pretnja. Bilo je i slučajeva da šira javnost ne želi da prizna opasnost, ili se o njoj ne raspravlja, jer bi to moglo imati negativan uticaj na život ljudi (npr. na vulkanskom ostrvu Santorini u Grčkoj, gde je turistička industrija ključni sektor zapošljavanja, potencijalni rizik od buduće vulkanske erupcije se zanemaruje). Rizik se, takođe, može umanjiti zbog jakih verskih uverenja; verovanje da će „Bog“ čuvati ljude tokom opasnog događaja, ili da će „On“ sprečiti da se to uopšte desi.

Istraživanja su pokazala da su stanovnici u oblastima podložnim poplavama imali dva jasna odgovora

na inherentnu nepredvidivost prirodnih pojava. Najčešća reakcija je bila da su se poplave posmatrale kao ponavljajući ili ciklični fenomeni. Drugi stav, potpuno suprotno, negirao je odredivost prirodnih fenomena i umesto toga ih je stavio pod uticaj više sile (npr. Boga, naučnika ili vlade). U svakom slučaju, stanovnici nisu morali da se muče problemom suočavanja sa neizvesnošću. Slični obrasci su pronađeni i u straživanju koje je sproveo Ren (Renn) (2008) o percepciji rizika od poplava u Nemačkoj. Mnogi stanovnici su verovali da će, nakon „stogodišnje poplave“, biti potrebno još 100 godina pre nego što dođe do sledeće poplave i stoga nije bilo potrebe da se pripremaju. Život na određenoj lokaciji povećava verovatnoću da su ljudi imali direktno iskustvo opasnosti, a to bi trebalo snažno da utiče na percepciju rizika pojedinca. Ovakav stav ima potencijal da izazove brojne „kognitivne pristrasnosti“, kao što je pristrasnost normalizacije koja se može desiti kada je nečije iskustvo opasnosti relativno malo, ali se uzima kao tipično. Ovo je posebno problematično u vezi sa vulkanskim erupcijama, gde se veličina, pa čak i vrsta erupcije mogu dramatično promeniti od jednog događaja do drugog. Prema tome, ova vrsta pristrasnosti će verovatno smanjiti uočenu potrebu osobe za informacijama i pripremom, u veri da će moći da se nosi sa budućim događajem kao što su to činili u prošlosti. Istraživanja na dva vulkanska karipska ostrva, otkrila su da je prethodno iskustvo bilo jedan od glavnih uticaja na percepciju i verovanje stanovnika o opasnostima od vulkana. Iako bi se moglo očekivati da će prethodno iskustvo dovesti do povećanja svesti i znanje o potencijalnim rizicima, ovo istraživanje je pokazalo da je suprotan slučaj sa stanovnicima ostrva, pri čemu je veća verovatnoća da će iskustvo stvoriti uverenja koja bi se mogla smatrati 'rizičan'. Ovo je takođe primećeno u brojnim drugim studijama koje se odnose ne samo na opasnosti od vulkana već i na druge prirodne opasnosti, kao i na zdravstvene problem.

Doživljavanje katastrofe čini ljude svesnim svoje ranjivosti, povećavajući njihovu percepciju rizika. Zaista, brojne studije su otkrile pozitivnu i značajnu vezu između iskustva i percepcije rizika. Međutim, rezultati istraživanja variraju u zavisnosti od karakteristika događaja i iskustva. Neki istraživači sugerišu da ako posledice događaja nisu značajne ili, ako su događaji retki, to neće utiče na percepciju rizika. Rezultati ovih studija sugerišu da su iskustva različita, da imaju različite efekte i da stoga možda neće direktno uticati na percepciju rizika. U stvari, sugeriše se da jednostavno i jednostrano iskustvo prirodne katastrofe nije dovoljno da utiče na percepciju rizika. Mora se uzeti u

obzir ozbiljnost posledica povezanih sa događajem: veće negativne posledice proizvode veću percepciju rizika. Štaviše, vreme koje je proteklo od momenta sticanja iskustva može uticati na odnos između samog iskustva i percepcije rizika. Literatura sugeriše da uticaj iskustva na percepciju rizika može da se smanji nekoliko godina nakon što se događaj desio, posebno ako se negativne posledice ovog iskustva ne smatraju teškim ili značajnim za populaciju. Istraživači sugerišu da se ova neslaganja mogu objasniti načinom na koji se iskustvo definiše i meri. Postoje različiti načini na koje se mere prošlo iskustvo i opasnosti, i stoga mogu proizvesti različite rezultate kada se ispita odnos sa percepcijom rizika. U stvari, Vašinger i saradnici (Vachinger et al. 2013) razlikuje direktno (doživljavanje opasnog događaja očima) i indirektno iskustvo (mediji i obrazovanje). Ovi autori tvrde da direktno iskustvo dovodi do veće percepcije rizika i da je indirektno iskustvo relevantno među pojedincima bez direktnog iskustva i može pojačati ili ublažiti percepciju rizika. Nedavno su u studiji identifikovana četiri tipa iskustava. To su: (1) direktno lično iskustvo (npr. fizički osetiti događaj ili biti direktno pogođen katastrofom, čak i pretrpeti povredu ili štetu), (2) indirektno iskustvo (npr. biti direktno izložen stvarnim ili potencijalnim uticajima katastrofa, bez doživljavanja katastrofe, npr. nemogućnost da putuju na posao, gubitak resursa), (3) namesničko iskustvo (npr. kroz medije i prethodno iskustvo rođaka) i (4) iskustvo stečenom nekim stresnim životnim događajem (npr. druge vrste životnih iskustava, kao što su nesreće, koje utiču na način na koji ljudi reaguju na katastrofe). Autori zaključuju da je neposredno iskustvo ono koje najviše utiče na percepciju rizika. Moćnije i živopisnije iskustvo omogućava ljudima da bolje procene uticaje buduće katastrofe. Štaviše, ova iskustva – i njihove posledice – bolje pamte oni koji su pogođeni i promovišu spremnost i veštine reagovanja pred budućim događajem. Drugi autori tvrde da konceptualizacija iskustva nije dovoljno uključila emocionalni uticaj katastrofa, koji je deo iskustva. Pojedini istraživači tvrde da se iskustvo sa prirodnim katastrofama kvantifikuje na osnovu fizičkih parametara, finansijskog uticaja i broja povreda i smrti uzrokovanih događajem. Međutim, manje napora je uloženo da se procene emocionalne dimenzije ovih iskustava izvan studija koje se fokusiraju na efekte katastrofa na mentalno zdravlje ljudi. Naučnici su primećili da razlikovanje fizičke izloženosti riziku (npr. poplava kuće) i emocionalnog iskustva (npr. strah) može doprijeti sveobuhvatnijem razumevanju iskustva povezanog sa percepcijom rizika. Prema tome, i fizička izloženost i subjektivna iskustva su ključne komponente koje predstavljaju pravo iskustvo katastrofe.

Upravljanje rizicima od prirodnih hazarda

Osnovni elementi upravljanja rizicima od prirodnih hazarda prikazani su na slici 51.

Prvi elemenat je prepoznavanje pretnje (Threat Recognition). Ovaj ključni element uključuje identifikaciju potencijalnih rizika od prirodnih, tehnoloških ili opasnosti izazvanih ljudima; i prepoznavanje ranjivih populacija, kao što su veoma stari, veoma mladi, samohrani roditelji sa malom decom, osobe sa niskim primanjima, nezaposleni, oni koji se suočavaju sa jezičkim barijerama i fizički i emocionalno osporene osobe i porodice.

Drugi elemenat je analiza i procena rizika (Risk Analysis and Assessment). Ovaj element se odnosi na razumevanje veličine, učestalosti pojavljivanja i ozbiljnosti posledica, kao i određivanje prioriteta rizika. Standardna formula rizika data je u jednačini $R=H \times V$. Razvijeni su

kvalitativni i kvantitativni okviri i metode za razumevanje i procenu rizika od katastrofe. Kvalitativno govoreći, sve individualne/institucionalne percepcije rizika imaju podjednaku težinu jer daju odgovore na određeni način na određenu pretnju u određenim okolnostima. Među kvalitativnim modelima široko se koriste modeli pritiska i oslobađanja (Pressure and Release - PAR) i pristupa resursima (Access to Resources - AR). PAR je statički model, zasnovan na konceptu progresije ranjivosti i posmatra kako osnovni elementi dovode do stvaranja okruženja koje dozvoljava da se neki dinamički pritisci (npr. nedostatak obrazovanja, degradacija zemljišta, rast stanovništva) prevedu u nesigurne uslove (npr. izloženost riziku, nedostatak društvene mreže itd.) u datom vremenskom okviru. Za razliku od PAR-a, AR model je dinamičan i zasnovan na zajednici. U većini kvantitativnih metoda procene rizika najčešće se koriste dve varijable – verovatnoća pojave opasnosti i njihov potencijalni uticaj.



Slika 51. Elementi složenog Sistema upravljanja rizicima (modifikovano prema Nirupama, 2013)

Treći element su Opcije kontrole rizika (Risk Control Options), a on se svodi na primenu strukturne, kao i nestrukturne, analize troškova i dobiti. Ovakva razmatranja su zasnovana na analizi izvodljivosti, efektivnosti i analizi troškova i dobiti. Strukturne mere mogu uključivati izgradnju nasipa, brana i drugih zaštitnih objekata. Nestrukturne mere mogu uključiti planiranje korišćenja zemljišta, zoniranje rizika od opasnosti, sisteme ranog upozoravanja, obrazovne kampanje i kampanje podizanja svesti, pristupačno osiguranje od katastrofa i zakonsku i regulatornu politiku.

Četvrti elemenat je strateško planiranje (Strategic Planning). Ovaj ključni element se odnosi na razmatranja ekonomske, političke i institucionalne podrške. Finansijska posvećenost i politička volja su fundamentalni za svaki uspešan program upravljanja rizicima al i katastrofama. Najvažniji su alokacija resursa, izgradnja institucionalne podrške, kreiranje socijalnih programa i inicijative u zajednici prema individualnim i kolektivnim merama zaštite. U Severnoj Americi, Evropi i drugim razvijenim zemljama, programi upravljanja rizicima od katastrofa su dobro uspostavljeni, strukturirani i finansirani. Ovi regioni, takođe, imaju uspostavljene odlične sisteme ranog upozoravanja, izuzetnu spremnost za nastupajuće katastrofe i sposobnosti reagovanja i oporavka. U zemljama u razvoju, međutim, fokus se pomerio na širenje znanja, podizanje svesti o spremnosti za katastrofe, i programe zasnovane na zajednici. Na primer, u Indiji vlasti na državnom nivou preuzimaju glavnu odgovornost za pomoć u katastrofama uz finansijsku pomoć centralne, federalne vlade. Malim fondom za pomoć, koji se sastoji od doprinosa države i centralne vlade, rukovodi Uprava Indije za upravljanje katastrofama, pod Ministarstvom unutrašnjih poslova (Freeman et al. 2002). U slučaju veće katastrofe, centralna vlada obezbeđuje unapred određene sume nadoknade za gubitak života i delimičan ili potpun gubitak stambenih i drugih objekata.

Peti element nazvan je odgovor, oporavak, rekonstrukcija i rehabilitacija (Response, Recovery, Reconstruction, and Rehabilitation). Ovaj element obuhvata sposobnost reagovanja i međusobni dogovor sa susednim regionima (u zavisnosti od veličine i vrste događaja), pomoć u oporavku i rekonstrukciji. Ovo su važni aspekti za pogođene zajednice da se izbore sa svojim gubitkom i da ostanu optimistični u pogledu svoje budućnosti. Faza

rehabilitacije pruža retku priliku za ponovnu procenu situacije, razmatranje različitih opcija za preseljenje ili izgradnju bolje, jače i otpornije zajednice. Pomoć u slučaju katastrofe – interna i/ili međunarodna, bilateralna (vlada prema vladi ili preko nevladinih organizacija) ili multilateralna (preko agencija UN) mora biti uspostavljena da bi se smanjio uticaj katastrofe. Prvi primer je vlada Indije, koja je u partnerstvu sa Razvojnim programom Ujedinjenih nacija (GOI-UNDP 2008, 2010), razvila Program za upravljanje rizikom od katastrofa kroz pripravnost na katastrofe i smanjenje ranjivosti. Njihov cilj je jačanje institucionalnih kapaciteta sa posebnim naglaskom na žene i druge marginalizovane grupe. Oni su usvojili pristup višestrukih opasnosti sa ciljem postizanja održivog smanjenja rizika od katastrofa u nekim regijama koje su najsklonije hazardima u odabranim državama u Indiji. Drugi primer je sa Fidžija, gde je izloženost ciklonima, poplavama, sušama, zemljotresima i cunamijima široko rasprostranjena. Fidži je uspeo da razvije dobar plan pripravnosti, reagovanja i oporavka u slučaju katastrofe u kome se nevladine organizacije podstiču da aktivno učestvuju u svim funkcijama upravljanja rizikom od katastrofa.

Naredni, šesti elemenat upravljanja rizikom nazvan je upravljanje znanjem i održivi razvoj (Knowledge Management and Sustainable Development). Teorijsko znanje se mora sačuvati radi boljeg učenja i razumevanja. Pristup održivog razvoja omogućio bi korišćenje lokalnih resursa (ljudskih, društvenih, ekoloških) i time doprineo lokalnoj ekonomiji. Zanimljivo je da u zemljama u razvoju, nevladine organizacije igraju aktivnu ulogu u naporima na smanjenju rizika u regionu. Takozvana „mreža znanja“, koja uključuje civilno društvo, naučnu zajednicu i, u izvesnoj meri, tržište, postaje sve popularnija među ljudima u Indiji.

Pristup koji je predložio Kardona (Cardona 2006) za Ameriku, a koji se takođe može primeniti na druge regione, jeste korišćenje sistema indikatora za merenje učinka upravljanja rizikom u zemlji. Kao što je prikazano u jednačini ispod, Indeks upravljanja rizikom (Risk Management Index - RMI) zasniva se na skupu indikatora koji predstavljaju organizaciju, razvoj, kapacitet i institucionalne akcije preduzete da bi se smanjili ranjivost i gubici, te da bi se društvo pripremilo za krizu i efikasno oporavilo od katastrofa.

$$RMI = \frac{(RMI_{RI} + RMI_{RR} + RMI_{DM} + RMI_{FP})}{4}$$

gde je :

RMI_{RI} = identifikacija rizika, uključuje objektivne i uočene rizike;

RMI_{RR} = mere za smanjenje rizika, uključujući prevenciju i ublažavanje;

RMI_{DM} = mere reagovanja i oporavka;

RMI_{FP} = upravljanje i mere finansijske zaštite.

Stvaranje, izgradnja otpornosti i učešće zajednice je poslednji element u ciklusu upravljanja rizikom od katastrofa. Predstavlja rad na izgradnji otpornih zajednica, uz njihovo učešće i u programima u vlasništvu zajednice. Za efikasan i koristan program upravljanja rizikom, ključno je da zajednice donose odluke zasnovane na riziku kako bi se pozabavile ranjivostima i ublažile uticaj katastrofe. Izgradnja otpornosti mora postati temelj budućih programa upravljanja rizikom. Dobro osmišljena komunikaciona strategija može biti od ključnog značaja za uspešno sprovođenje politike i drugih mera.

Ranjivost od prirodnih hazarda

Termin „ranjivost“ uveden je kao odgovor na percepciju katastrofa usredsređenu na opasnost 1970-ih. Sa sve većim prihvatanjem početkom 1980-ih, „ranjivost“ je korišćena za izražavanje shvatanja da stepen do kojeg ljudi pate od nesreća zavisi od (a) „verovatnoće da će biti izloženi opasnostima“ i (b) „njihovog kapaciteta da im se odupru, što se odnosi na njihove društveno-ekonomske prilike“.

Ranjivost od prirodnih hazarda i nepogoda predstavlja drugu komponentu teorijske jednačine rizika (Tabela 8). Datu jednačinu prvi su formulisali Višner i saradnici (Wisner et al.) (2004) kako bi predstavili rizik od prirodnih hazarda, kao i osnovne komponente koje ga konstituišu. Celokupan odnos i shvatanje prirodnih nepogoda zasnovani su na ideji da se na rizik od prirodnih nepogoda mora uticati da bi se smanjio, odnosno ublažio.

Suštinski element rizika ili „kontrolnu polugu“ čini komponenta ranjivosti, koja omogućava da se u manjoj ili većoj meri redukuje postojeći rizik od prirodnih nepogoda.. Samim tim, smanjenje ranjivosti direktno utiče i

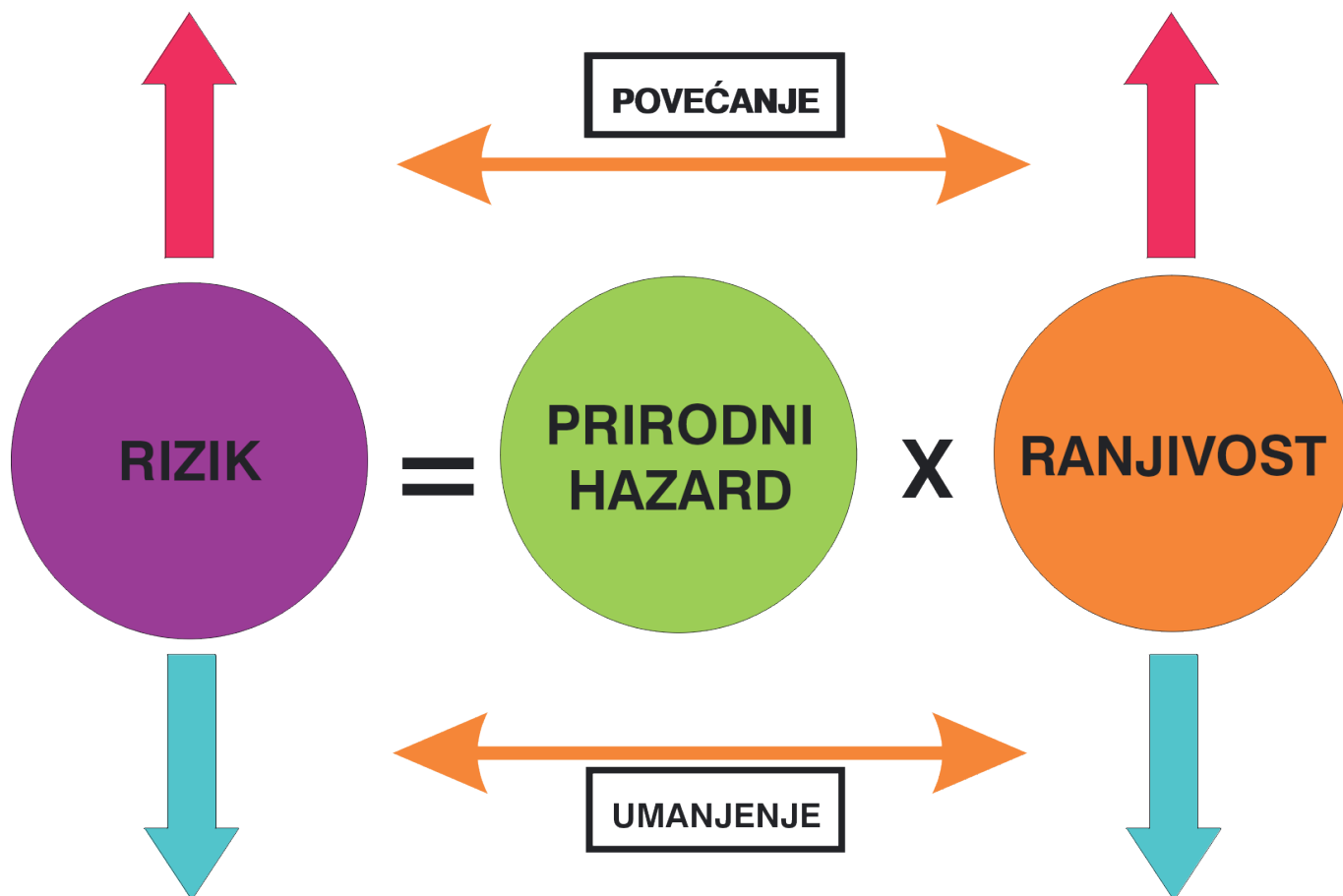
na smanjenje rizika, dok povećanje ranjivosti uslovljava rast rizika (Slika 52).

Ranjivost kao sastavni deo rizika obuhvata prostorne i vremenske promene unutar društva i pokazuje kako različite društvene grupe imaju odnos prema riziku od pojave određenog prirodnog hazarda i kako se može uticati na redukciju posledica.

Lični stavovi, način ponašanja, kulturne norme, socioekonomski i politički uticaji oblikuju i formiraju ranjivost. S obzirom na to da je ranjivost uslovljena ljudskim aktivnostima, ona se ne može izolovati od postojećih društvenih procesa, te iz tog razloga igra bitnu ulogu u svim aspektima održivog razvoja.

Pojam ranjiv/ranjivost, potiče od latinske reči „vulnus“ što znači rana, biti ranjen. Ranjivost je u geografiji, kao i ekologiji prepoznata kao promena u životnoj sredini, odnosno ove dve nauke posmatraju ranjivost u okvirima odnosa priroda–društvo. Iako je uokvirena pomenutim odnosima, ranjivost je različito shvatana pa je to uslovilo i različito sagledavanje proučavane pojave, od onih striktno fokusiranih na ranjivost od prirodnih hazarda, preko sagledavanja interakcije prirode i društva, do čisto društvenog pristupa. Društveni pristup je fokusiran na karakteristike društva, odnosno pojedinca ili određene društvene grupe na nekom prostoru.

Pojam ranjiv, odnosno ranjivost, danas je potpuno prihvaćen i koristi se u svakodnevnom govoru. Prema tome, ističe se neophodnost razlikovanja upotrebe pojma ranjivosti, u pogledu toga da li se odnosi na stanje ili na neki tekući proces. Ukoliko se odnosi na stanje, da li je to pre ili nakon što je „rana“ nateta? Kardona (Cardona 2004) ističe da je ranjivost proces, ali i stanje, uslov i predispozicija.



Slika 52. Međuzavisnost veza ranjivosti, rizika i prirodnih hazarda (Modifikovano prema Panić, 2016)

Tokom sedamdesetih godina dvadesetog veka, pojam ranjivosti uveden je u oblast istraživanja prirodnih hazarda, kako bi se procenio status izgrađene infrastrukture, kao i obim oštećenja u slučaju neke nepogode. Dati objekti su potencijalno izloženi riziku. Nadalje pojam ranjivosti doživljava značajnu transformaciju, preuzimajući primat proučavanju prirodnih hazarda koji su do tada dominirali.

Društvene nauke najviše su uticale na evoluciju pojma ranjivosti. Naime, fokus se pomera sa ranjivosti objekata i infrastrukture na ranjivost društva, odnosno ljudske zajednice na određenoj teritoriji. Koncept pojma ranjivosti se kasnije i proširio kako bi obuhvatio i segment životne sredine. Ranjivost kao kocept predstavlja moćnu analitičku alatku, jer omogućava opis ili procenu stanja i nivoa osetljivosti prirodnih i društvenih sistema. Pored toga, usmerava aktivnosti koje treba da utiču na unapređenje blagostanja i sigurnosti kroz smanjenje rizika.

Prema Adgeru (Adger 2006) postoje tri komponente ranjivosti. Izloženost se odnosi na stres kojem su izloženi pojedinci, zajednica, društvo u celini ili ekosistem. Osetljivost se odnosi na obim do kog su izloženi delovi modifikovani, promenjeni stresnim događajem. Adaptivni

kapacitet ili njegov nedostatak je varijabla koja zavisi od mnogih karakteristika izloženog objekta. Dinamička priroda predstavljenih komponenti varira i zavisi od njihove interakcije u prostoru i vremenu. Prema tome, ključni parametri ranjivosti su stresor kome je sistem izložen, osetljivost sistema i mogućnost oporavka, njegove adaptacije i daljeg prevazilaženja posledica.

Međutim, pojam ranjiv, odnosno ranjivost, može imati i negativno značenje. Negativno, proizilazi iz shvaćanja ranjivosti kao nivoa osetljivosti koja rezultira povredama i gubicima. Pozitivna strana pojma je u činjenici da ljude, zajednicu i društvo ne treba posmatrati isključivo kroz potencijalne žrtve i gubitke, već ih treba sagledati kroz njihove kapacitete da se odupru i oporave nakon prirodne nepogode.

Takođe, ranjivost se može posmatrati i kao stanje (ranjiv ili ne) i kao stepen, odnosno nivo pojave (stepen ranjivosti). Ovakva shvaćanja se opravdavaju činjenicom da se svi mogu smatrati ranjivim, u zavisnosti od izloženosti nekom prirodnom hazardu, a takođe mogu biti malo, umereno ili mnogo ranjivi, odnosno osetljivi na njegovu pojavu i delovanje.

Definicija pojma ranjivosti

Adger (Adger 2006) navodi da postoji nekoliko zajedničkih elemenata u mnogobrojnim definicijama ranjivosti. Oni uključuju stres kojem je sistem izložen, njegovu osetljivost i adaptivni kapacitet. Nije važno da li se sistem odnosi na prirodni ili društveni. Međuvladin panel o klimatskim promenama (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) daje svoju definiciju ranjivosti kao predispozicije sistema da bude pod uticajem različitih stresora i zahvata veliki broj elemenata, uključujući osetljivost ili sposobnost da se prilagodi i izbori.

Brojne definicije ranjivosti razlikuju se pre svega na osnovu aspekta istraživanja. Tako, UN/ISDR (2004) definiše ranjivost kao uslove koji povećavaju osetljivost zajednice na pojavu prirodnog hazarda a određeni su prirodnim, društvenim, ekonomskim i ekoloških faktorima i procesima. Mičel (Mitchell) (1989) definiše ranjivost kao potencijalni gubitak, dok je Kardona (Cardona 2003) opisuje kao stepen gubitka ili oštećenja određenog elementa ili grupe elemenata društvenog sistema, a koji nastaje delovanjem prirodnog procesa određene magnitude. Kardona ranjivost označava na skali od 0 (bez oštećenja) do 1 (potpuni gubitak).

Tarek i Viks (Tarek and Weeks 2003) stavljaju akcenat na sposobnost oporavka čitavog sistema nakon delovanja prirodnog hazarda.

Ranjivost je kao karakteristiku pojedinca ili grupe ljudi u smislu njihovog kapaciteta da učestvuju, prihvate, odupru se i oporave od uticaja prirodnog hazarda, ekstremnog prirodnog događaja ili procesa – definisao Višner (Wisner) (2004).

Za Kutera i Finča (Cutter and Finch 2008) ranjivost je dinamičan proces koji se može posmatrati kao mera osetljivosti na prirodne hazarde, ali koja treba da podrazumeva i kapacitete za oporavak.

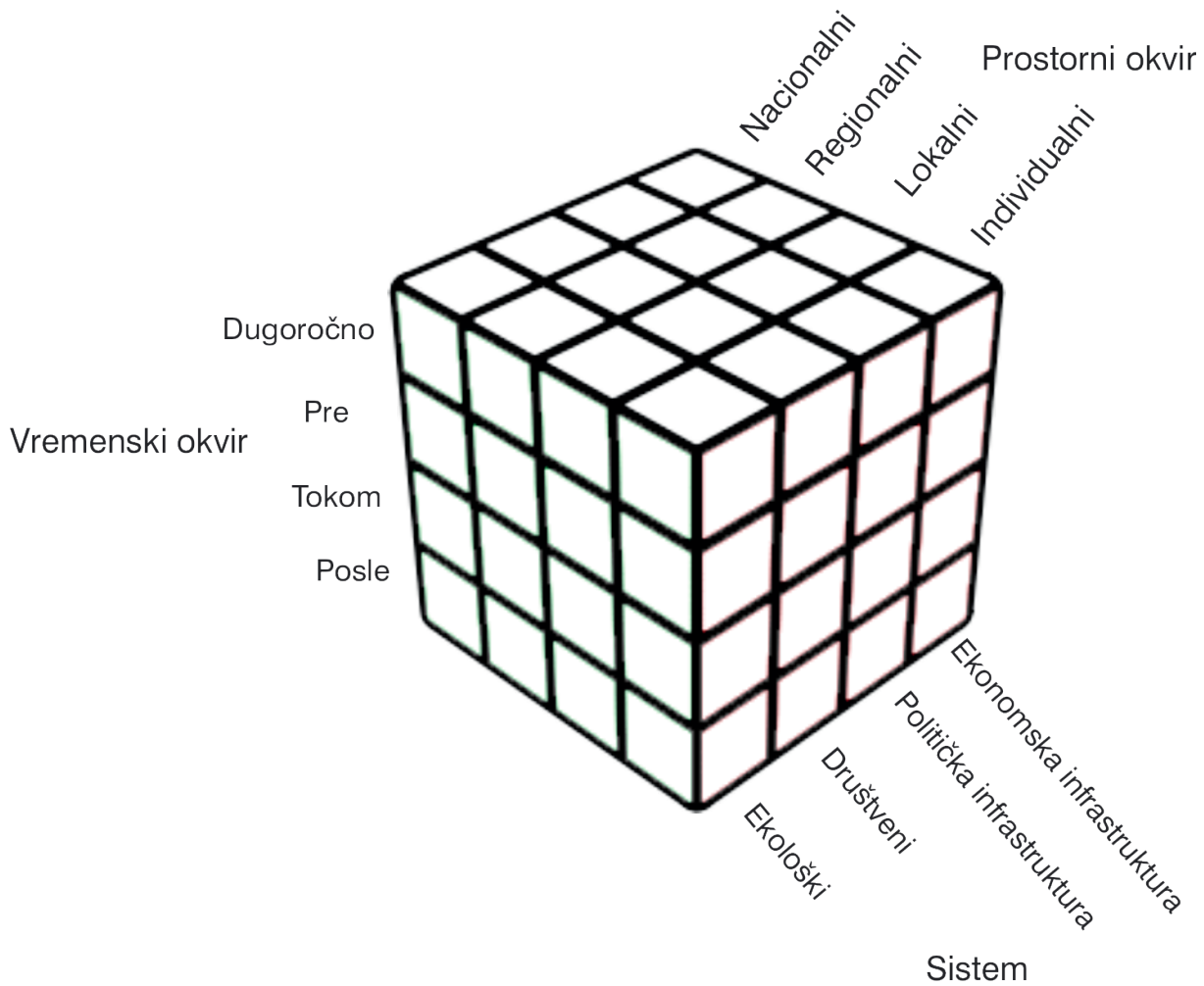
Iz ovih nabrojanih definicija izdvajaju se dva ključna elementa, izloženost i kapacitet da se nosi sa promenama. Naučnici su naglašavali isprepleteno iznačenje ovih pojmova ukazujući na kompleksnost pojma ranjivost. Razumevanje se dodatno komplikuje kada pokušamo da razumemo sve faktore koji utiču na ranjivost – one koji je stvaraju, one koji je uvećavaju i oni koji je smanjuju. Dovoljno je samo reći da su ovi faktori višeznačni, u međusobnoj interakciji na različitim nivoima i uključeni u političke i socioekonomske sisteme, koji su veoma dinamičke kategorije.

Upravo zato naučnici smatraju da zbog velikog broja različitih definicija koje su nastale u različitim naukama postoji jasna prepreka u razumevanju pojma ranjivost, kao i komunikaciji između različitih naučnih disciplina u tom procesu. Prema tome, razumevanje velikog broja definicija olakšano je njihovom klasifikacijom na osnovu načina, odnosno širine u sagledavanju koncepta ranjivosti. Izdvojene su tri grupe definicija. U prvoj grupi su one koje determinišu ranjivost u užem smislu. U drugu grupu su svrstane one koje u njoj prepoznaju isključivo osetljivost na pojavu prirodnih hazarda, dok su u trećoj grupi one koje determinišu ranjivost u širem smislu, ukazujući na dualizam njene strukture koja obuhvata osetljivost, ali i otpornost na pojavu prirodnog hazarda i oporavak nakon prirodne nepogode.

Problem koji proizilazi iz posmatranja definicija ranjivosti jeste: šta je subjekat za koji procenjujemo ranjivost? Generalno, kada se posmatra ko je ranjiv, fokus se postavlja na pojedinca, društvene grupe i institucije. Neke definicije uzimaju u obzir izloženost sistema, nekad društvenog, ali u mnogo slučajeva i fizičkog, infrastrukturnog i ekonomskog. Stoga pitanje šta je ranjivo mora biti takvo da ranjivost obuhvati sistem sačinjen od svega prethodno navedenog. Ukoliko je infrastruktura kompromitovana, ranjivost će se povećati bez obzira na socioekonomski koncept. Na prvi pogled, izgleda prilično jednostavno upravljanje ranjivošću inženjerskih ili infrastrukturnih sistema. Što je sistem kompleksniji veća je verovatnoća pojave neočekivanih kvarova, a kao rezultat – veći je i uticaj na one koji od tog sistema zavise. U isto vreme, ranjivošću infrastrukturnih sistema se lakše upravlja, nego onom zabeleženom kod društvenih, ekonomskih i institucionalnih sistema.

Slika 53 prikazuje konceptualizaciju nekih od brojnih elemenata uključenih u pitanja ko i šta je ranjivo, uzimajući u obzir vremenski i prostorni okvir. Iako je na ovaj način simplifikovan kompleksan odnos različitih elemenata, veoma realno se prikazuje domet mogućih interakcija. Ranjivost se posmatra na različitim prostornim skalama – od nacionalnih ili pak globalnih do individualnih, u različitim vremenskim okvirima: od dugoročnih do perioda odmah nakon ili pre nastupajućeg hazarda. Ranjivost varira od sistema do sistema, ali priroda ranjivosti datog sistema će fluktuirati u prostoru i vremenu. Ono što na dijagramu nije prikazano jeste povezanost različitih sistema, jer će ranjiv ekonomski sistem imati veliki uticaj i na funkcionisanje drugih sistema.

Vulnerability



Slika 53. „Rubikova kocka“ elemenata ranjivosti

Iako postoji veliki broj definicija ranjivosti, manje je načina da se ona oceni, i pored velikog broja indeksa koji su predloženi. Indeksi se odnose na ocenu sveobuhvatne ranjivosti, kao i ranjivosti od pojedinih hazarda kao što su klimatske promene, poplave, toplotni talasi, oluje, ali i ranjivosti nekog područja kao što su priobalni gradovi, male ostrvske države i sl. Druge metode tangiraju sredstva za život, zdravlje, ili određene resurse kao što je tekuća voda. Ono što proizilazi iz ovog mnoštva metoda jeste shvatanje da ne postoji mera kojom bi se na jedinstven način mogao izmeriti ovaj fenomen. U isto vreme mnogi naučnici kritikuju upotrebu indeksa za merenje ranjivosti, zbog problema sa prostornim i vremenskim kontekstom, agregacijom podataka, izborom podataka i njihovom obradom. I pored ovih naglašenih nedostataka, postoji jasna potreba za merenjem ranjivosti, kao neophodnim korakom u proceni rizika.

Prema tome, ranjivost, kada se pravilno proceni i, po mogućnosti, kvantifikuje, predstavlja ključnu karakteristiku koja može poslužiti za procenu potencijalnih posledica i brzog početka prirodnih hazardnih događaja na pogođene entitete. Štaviše, procena ranjivosti i vizuelizacija određenih indikatora koji predstavljaju karakteristike složenih fenomena su takođe ključni alati za komunikaciju. Iskustva u korišćenju Sistema ranih upozorenja ukazuju na to da je važno ne samo identifikovati ranjivost i rizik, već i razviti metode koje omogućavaju vizuelizaciju i komunikaciju tako složenih pojava na način koji mogu razumeti kreatori politike, ne-stručnjaci i šira javnost. Takozvani svetski indeks rizika (World Risk Index (WRI)) služi ovoj svrsi, opisujući složenu interakciju između izloženosti, fizičke, kao i društvene ranjivosti – na pojednostavljen način, zasnovan na indikatorima. Značajna medijska pažnja koju su izazvali WRI i drugi globalni indeksi pokazuje potrebu za formatima koji su pogodni za dopiranje do kreatora strategija i šire javnosti.

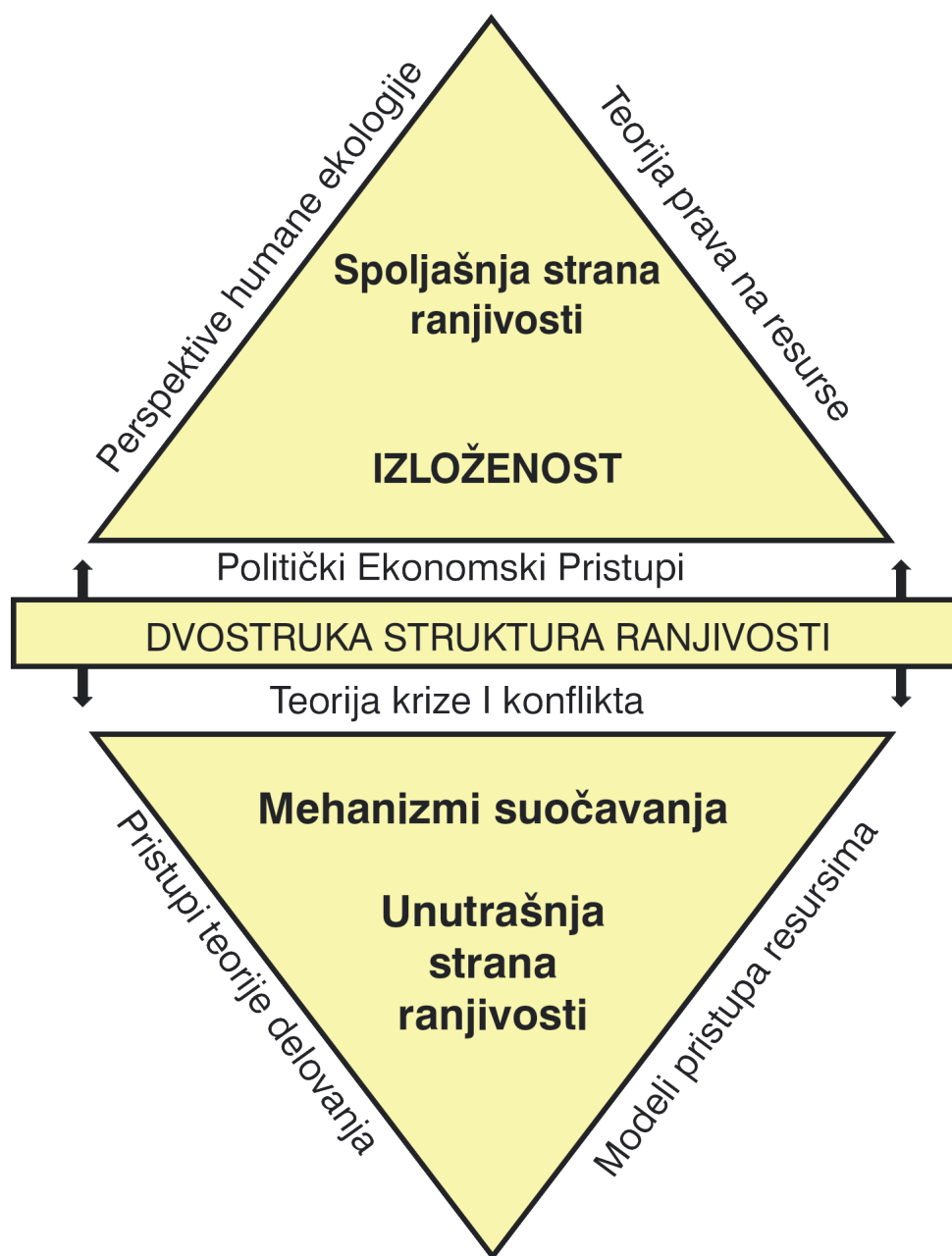
Konceptualni okvir ranjivosti

Poslednjih decenija razvijeni su različiti konceptualni okviri ranjivosti.

Dvostruka struktura ranjivosti

Prema Bolu (Bohle 2001), ranjivost se posmatra kao da ima dve strane: unutrašnju i spoljašnju. Eksterna ili spoljašnja strana se odnosi na izloženost rizicima (Slika 54). Na spoljašnju utiču politički ekonomski faktori (npr. društvene nejednakosti, kontrola imovine od strane viših

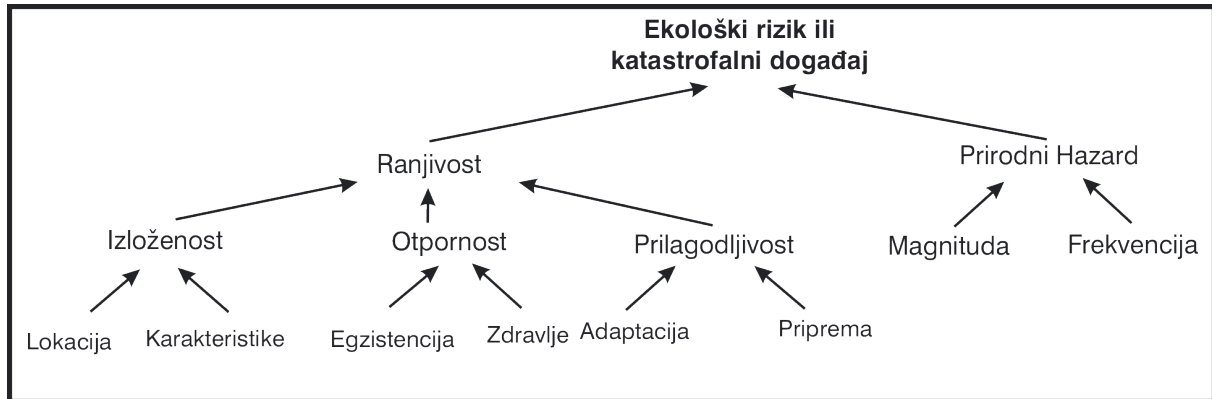
klasa), faktori ljudske ekologije (dinamika stanovništva i kapaciteti za upravljanje životnom sredinom) i teorija prava (odnosi se na ranjivost, odnosno nesposobnost ljudi da pribave ili upravljaju imovinom putem legitimnih ekonomskih sredstava). Unutrašnja strana se naziva „suočavanje“ i odnosi se na sposobnost predviđanja, suočavanja, otpora i oporavka od uticaja opasnosti. Pod uticajem je teorije krize i sukoba, teorije akcije, odnosno toga kako se ljudi ponašaju i reaguju slobodno ili kao rezultat društvenih, ekonomskih ili vladinih ograničenja kao i modela pristupa imovini (ublažavanje ranjivosti putem pristupa imovini).



Slika 54. Dvostruka struktura ranjivosti (modifikovano prema Bohle, 2001)

Pelingov model (Pelling model)

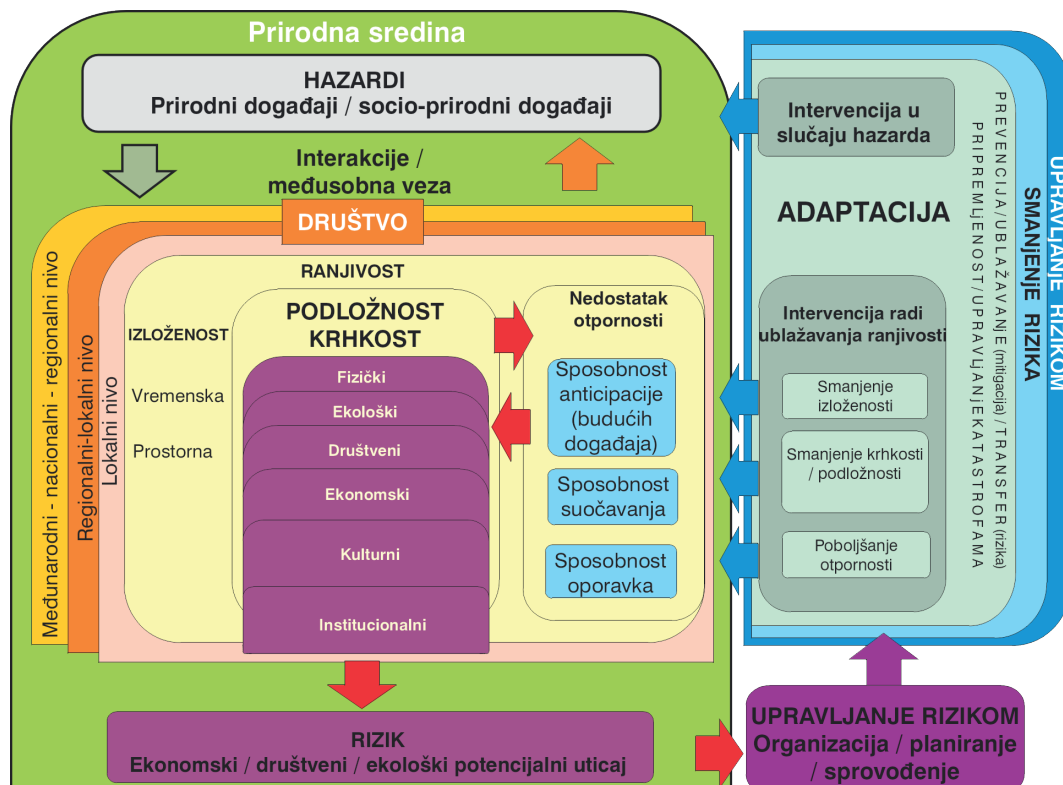
U okviru za ranjivost koji je predložio Peling (Pelling) (2003) ljudska ranjivost je definisana kao izloženost, otpornost i istrajnost. Izloženost je povezana sa lokacijom i karakteristikama opasnosti. Otpornost je povezana sa ekonomskim, psihičkim i fizičkim zdravljem, kao i kapacitetom pojedinaca ili zajednica da izdrže uticaj događaja, a povezana je i sa sredstvima za život. Istrajnost se definiše kao sposobnost prilagođavanja opasnosti ili suočavanja sa njom kroz spremnost spontane adaptacije nakon što se događaj manifestuje (Slika 55)



Slika 55. Pelingov model ranjivosti (modifikovano prema Pelling, 2003)

Okvir ranjivosti MOVE

Slika 56 predstavlja okvir za procenu ranjivosti koji je razvijen u okviru EU FP7 MOVE projekta. MOVE generički koncept ranjivosti uključuje različite komponente i postavljen je unutar holističkog okvira procene rizika, upravljanja i menadžmenta. Konceptualni okvir MOVE adresira ranjivost i rizik od prirodnih opasnosti sa holističke i višedimenzionalne tačke gledišta. Okvir ilustruje dva koncepta: 1) Rizik je rezultat izloženosti društva opasnostima, u vremenu i prostoru, i ranjivosti društva; 2) Upravljanje rizikom i prilagođavanje imaju za cilj da modifikuju početne uslove ranjivosti ili opasnosti.

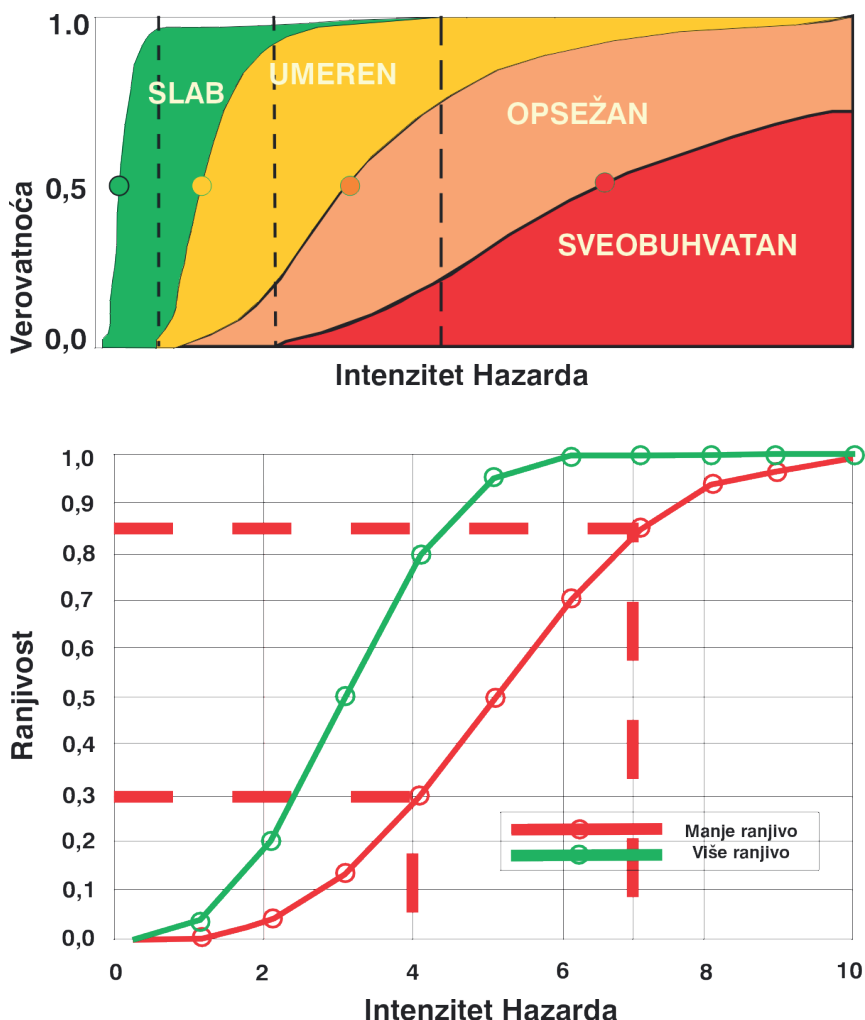


Slika 56. MOVE konceptualni okvir ranjivosti (modifikovano prema EU FP7 MOVE projekta)

Širenje opasnosti će izložiti određeno područje i njegovo društvo. Ranjivost je kombinovani rezultat izloženosti, podložnosti (krhkosti) i otpornosti (kapaciteta za predviđanje, suočavanje i oporavak). Identifikacija i svest o opasnostima, ranjivosti i riziku su suštinski koraci za uspostavljanje efikasnog upravljanja rizikom izazvanim geološkim, hidrometeorološkim i antropogenim ili tehnološkim opasnostima. Podložnost i krhkost su uslovi ranjivosti koji odražavaju predispoziciju (slabosti i nedostatak snage) koja se može izraziti u fizičkom, socijalnom, ekološkom ili ekonomskom smislu. Nedostatak otpornosti je još jedan važan faktor ranjivosti koji odražava nivo kapaciteta društva da predvidi (da proaktivno interveniše u uslovima rizika), da se prilagodi (da bude spremno da se suoči sa budućim opasnim događajima), kao i da se izbori i efikasno oporavi kada dešavaju se takvi događaji. Nedostatak ovih kapaciteta povećava ranjivost društva.

Izražavanje ranjivosti

Ranjivost se može izraziti ili predstaviti na različite načine. Indeksi ranjivosti se zasnivaju na indikatorima ranjivosti i uglavnom se koriste za holističku procenu ranjivosti, kapaciteta i otpornosti. Tabele ranjivosti prikazuju odnos između intenziteta opasnosti i stepena oštećenja. Krive ranjivosti prikazuju odnos između intenziteta opasnosti i stepena oštećenja za grupu rizičnih elemenata (npr. određeni tip zgrade) u rasponu od 0 do 1 (Slika 57a). Različiti tipovi elemenata pod rizikom će pokazati različite nivoe oštećenja u slučaju istog intenziteta opasnosti. Krive ranjivosti mogu biti relativne (pokazuju procenat oštećene vrednosti imovine) ili apsolutne (prikazuju apsolutni iznos štete). Krive krhkosti obezbeđuju verovatnoću da određena grupa rizičnih elemenata bude u određenom stanju oštećenja (npr. potpuno uništenje, veliko oštećenje, umereno oštećenje i neznatno oštećenje) pod datim intenzitetom opasnosti ili ga premaši. Matrica verovatnoće oštećenja (DPM) ukazuje na verovatnoću da će data strukturna tipologija biti u datom stanju oštećenja za dati intenzitet (57b).



Slika 57: Kriva ranjivosti i kriva krhkosti (modifikovano prema Birkmann et al 2013)

Ogromni materijalni gubici u dobrima neophodnim za normalan svakodnevni život i infrastrukturi, međutim, nisu prevashodno rezultat fizičkog događaja (na primer, poplava, zemljotres, oluja), već su određeni različitim vrstama ranjivosti ljudi, zajednica ili zemalja izloženih takvim pojavama. Različiti tipovi ranjivosti otkriveni kroz krize i katastrofe izraz su dugotrajnog neuspeha razvojnih procesa i specifičnih puteva modernizacije u zemljama, koji povećavaju verovatnoću da se ekstremni događaji i druge prirodne opasnosti mogu pretvoriti u katastrofe. Kombinovani uticaj zemljotresa i cunamija u Japanu u martu 2011, koji je izazvao niz dodatnih pretnji, posebno zbog kvara u nuklearnoj elektrani, ponovo je naglasio veze između specifičnih puteva modernizacije, razvojnih procesa i rizika od katastrofe – čak i u takozvanim visokorazvijenim zemljama.

Sve u svemu, ljudski gubici zbog ranjivosti u odnosu na prirodne opasnosti i dalje su mnogo veći u zemljama u razvoju, a posebno u najmanje razvijenim – nego u razvijenim zemljama. Dok je u januaru 2010. zemljotres na Haitiju magnitude 7 stepeni doveo do 230.000 smrtnih slučajeva, skoro sličan događaj, u februaru 2011 – zemljotres na Novom Zelandu sa trenutnom magnitudom od 6,3 – izazvao je približno 187 smrtnih slučajeva. Čak i u Čileu, takođe zemlji u razvoju, ali sa

većom svešću o riziku, samo 525 ljudi je umrlo nakon zemljotresa jačine 8,8 stepeni Rihterove skale. Ove razlike se ne mogu dovoljno objasniti fizičkim događajem (zemljotres); pre, različiti nivoi ranjivosti su ključni faktori koji objašnjavaju različite nivoe uticaja. Shodno tome, procena ranjivosti i adaptivnih kapaciteta ljudi i zemalja u opasnosti pre i posle katastrofa ostaje ključni zadatak i preduslov za efikasno smanjenje rizika i prilagođavanje.

Ranjivost je i koncept i fenomen koji je bio veoma značajan u istraživanju i razumevanju prirode i raspodele uticaja prirodnih hazarda. Pronalaženje jedinstvene definicije ranjivosti je problematično, ali heterogenost korišćenih definicija takođe može poslužiti za proširenje debate i interdisciplinarne studije. Ranjivost je duboko povezana sa konceptualnim razlikovanjem između unutrašnjih i spoljašnjih faktora, odnosno između sistema koji se istražuje i njegovog okruženja. Za procenu i upravljanje ranjivošću relevantni su i kvalitativni i kvantitativni pristupi.

U tabeli 17 prikazana su četiri različita tipa ranjivosti, ljudska - socijalna, fizička, ekonomska i ekološka, kao i direktni i indirektni gubici povezani sa njima. Pored toga, prikazani su primeri posledica različitih tipova ranjivosti.

Tabela 17. Tipovi ranjivosti i posledice vezane za njih (modifikovano prema Birkmann, 2006)

	Fizička	Ekonomska	Socijalna	Ekološka
Direktni troškovi	- Strukturna oštećenja građevina i infrastrukture (urušavaju se, postaju neprikladna za stanovanje); - Nestrukturna oštećenja (crepovi se lome i kližu s krova, ruše se dimnjaci, nastaju velike pukotine na zidovima)	- Prekid poslovanja zbog oštećenja objekata; - Gubitak produktivne radne snage zbog smrtnih slučajeva, povreda; - Kapitalni troškovi za saniranje posledica.	- Smrtni ishodi - Povrede - Gubitak novca i zaposlenja - Beskućništvo	- Zagađenje; - Ugrožena životna staništa - Uništenje ekoloških zona - Uništenje kulturnog nasleđa;

Indirektni troškovi	● Postepeno propadanje oštećenih građevina i infrastructure usled nedostatka sredstava za popravku.	● Ekonomski gubici usled kratkoročnih prekida aktivnosti ● Dugoročni ekonomski gubici; ● Gubitak osiguranja ● Manje ulaganja; ● Kapitalni troškovi popravki; ● Smanjenje turističkog prometa	● Bolesti ● Trajni invaliditet ● Psihološki uticaji ● Nedostatak društvene kohezije ● Politički nemiri	● Gubitak biodiverziteta ● Gubitak kulturno istorijskih spomenika

Prema različitim vrstama gubitaka, odnosno posledica, ranjivost se može definisati kao fizička, ekonomska, socijalna i ekološka ranjivost.

Fizička ranjivost

Fizička ranjivost se ponekad naziva i – biofizička. Predstavlja osetljivost prostora i izgrađenih objekata, odnosno ukazuje na stepen njihove izloženosti i osetljivosti na delovanje nekog prirodnog hazarda. Pri definisanju fizičke ranjivosti koriste se različiti pokazatelji: gustina naseljenosti, udaljenost naselja, njihova lokacija, korišćeni materijali i način izgradnje infrastrukture i stambenih delova naselja i slično.

Danas se najviše koristi definicija koju je uvela UNDRP 1980. godine, a koja fizičku ranjivost definiše kao stepen gubitaka određenog elementa ili grupe elemenata u oblasti zahvaćenoj nekom prirodnim nepogodom. Izražava se na skali od 0 (bez gubitaka) do 1 (potpuni gubici). Ova definicija upućuje na stepen gubitka nekog elementa koji je pogođen određenim rizikom usled delovanja prirodnog procesa.

Uprkos razlikama u načinu na koji je termin definisan u različitim istraživanjima, dva ključna elementa se pojavljuju u konceptualizaciji fizičke ranjivosti. Prvi element se odnosi na prirodu opasnosti, koja se često opisuje kao karakteristika hazarda (verovatnoća, veličina i intenzitet) i stepen izloženosti određene strukture, elementa zajednice prema datom hazardu. Drugi

ključni element podrazumeva karakteristike fizičkog, izgrađenog okruženja. Fizičko okruženje obuhvata različite dimenzije kao što su društvena zajednica, službe za spasavanje, ljudski život i blagostanje, poljoprivredni resurse, imovina pojedinaca i zajednice, i prirodno okruženje.

Socijalna ranjivost

Nivo razvoja, način i kvalitet života individua, zajednice, odnosno društva u celini određuje socijalnu ranjivost. Usled razlika u pismenosti, obrazovanju, ispunjenosti osnovnih ljudskih prava, socijalnoj ravnopravnosti, običajima i slično, ljudska zajednica je izdiferencirana na mnogo manjih, jedinstvenih grupa. Populacija na nižem društvenom i ekonomskom stepenu, nacionalne manjine, deca i stariji, kao i druge marginalizovane grupe društva ranjiviji su u odnosu na one koji imaju veći ekonomski i društveni status. U skladu sa tim, smatra se da su izloženi većem riziku prilikom neke prirodne nepogode. Kao posebno kritičan pokazatelj izdvajaju se ljudi sa posebnim potrebama u psihofizičkom smislu, koji su izuzetno osetljivi i zahtevaju dodatnu pomoć prilikom evakuacije i kontinuiranu brigu u toku prirodne nepogode.

- U prvim koracima izučavanja ranjivosti, značajno veća pažnja poklanjala se proučavanju fizičke ranjivosti, ranjivosti izgrađenih objekata i okruženja u celini. Socijalna ranjivost se kasnije počela proučavati usled poteškoća prilikom kvantifikacije i

merjenja pojave. Pri izučavanju toga šta nekoga ili nešto čini ranjivim, najčešće su se izdvajale osobine koje su naglašavale tu ranjivost, kao što su starost, pol, rasa/etnička struktura, ekonomski, socio- ekonomski status i drugo. Date karakteristike predstavljaju opšteprihvaćene i najčešće analizirane osobine stanovništva i samim tim čine najbolje pokazatelje socijalne ranjivosti. Pored toga, postoje autori koji tretiraju socijalnu ranjivost kroz dva odvojena segmenta: socio-ekonomsku ranjivost i ranjivost izgrađenog prostora, odnosno uzimaju u obzir i neke aspekte fizičke ranjivosti. Takođe, brojni istraživači ukazuju na to da socijalnu ranjivost čini mnogo više od verovatnoće da će doći do urušavanja objekata i uništenja postojeće infrastrukture, te da se socijalna ranjivost može objasniti preko sledećih karakteristika pojedinca:

- Lični status/kvalitet života (uhranjenost, fizičko i psihičko zdravlje);
- Način izdržavanja i otpornost (sredstva i kapital, prihod i kvalifikacije);
- Samozaštita (sposobnost i želja da se izgradi siguran dom, izbor sigurne lokacije);
- Civilna zaštita (pripremljenost i mere ublažavanja posledica prirodnih nepogoda);
- Društvene i političke mreže institucija.

Ekonomska ranjivost

Ekonomska ranjivost nastaje usled različitog ekonomskog statusa individue, zajednice i nacije u celini. Ekonomska ranjivost i ekonomska otpornost, njihova interakcija sa samim hazardom, kao i izloženost stanovništva i fizičke sredine, smatraju se kritičnim determinantama štete i gubitaka nastalih u prirodnim katastrofama. Zaista, na katastrofe u velikoj meri utiču ekonomske sile, tako da je i sama pojava katastrofa ekonomski događaj.

Ekonomska ranjivost ukazuje na mogući rizik po postojeću proizvodnju, distribuciju i potrošnju robe i usluga. Usled nedostatka ekonomskih sredstava za pripremu, a potom i oporavak od posledica delovanja prirodne nepogode najugroženiji su siromašniji slojevi društva, kao i marginalizovane grupe stanovništva. Takođe, ekonomska snaga na nacionalnom nivou ima izuzetno veliki značaj na ranjivost, jer od nje zavisi da li će oporavak biti moguć i kojom brzinom.

Procena ekonomske ranjivosti veoma je bitna ne samo za naučnu zajednicu nego i institucije koje te prin-

cipe primenjuju u praksi, ali i za i privatne kompanije (uglavnom osiguravajuće kuće i društva). Ekonomska ranjivost je neophodna za svrsishodno definisanje optimalnog upravljanja rizicima, strategija i analiziranja nivoa individualnog i društvenog rizika. Procena ekonomske ranjivosti je stoga dobila veliku pažnju u poslednjih 20 godina. Koreni takve analize sežu do 1930-ih i 1940-ih i uvođenja američkog Zakona o kontroli poplava iz 1936, koji je zahtevao korišćenje analize troškova i koristi u upravljanju rizikom od poplava, a nešto kasnije i originalnih naučnih radova Gilberta Vajta iz 1936, odnosno 1945. godine. Vajt (1936) je pisao o cilju procene ekonomske ranjivosti koja je trebalo da obezbedi više objektivno-tehničku perspektivu unutar procesa donošenja odluka, a posebno za sprovođenje efektivne adaptacije i mera za ublažavanje. Štaviše, on je zaključio da je najbitniji zadatak za upravljanje opasnostima – procena koristi (ekonomske) od primene mera za prilagođavanje i ublažavanje, ali i upoređivanje troškova za određivanje optimalnog upravljanja.

Ekološka ranjivost

Ekosistem i životne zajednice na nekom prostoru veoma su ranjive usled delovanja nekog prirodnog hazarda. Stepennjihove izloženosti meri se ekološkom ranjivošću. Ona ukazuje na to kolika je osetljivost i ranjivost ekosistema ili životne sredine u celini. Njome se meri stanje i stepen degradacije prirodnih resursa, zagađenost životne sredine, biodiverzitet, degradacija zemljišta, oskudica pijaće vode i drugo. Pored svega, ekološka ranjivost doprinosi povećanju socioekonomske ranjivosti stanovništva, posebno u gusto naseljenim područjima (neuređen sistema upravljanja otpadom, nedostatak čiste vode i slično).

Ranjivost životne sredine se definiše kao funkcija izloženosti životne sredine, osetljivosti i sposobnosti prilagođavanja. Ovaj okvir je usvojen iz koncepta ranjivosti usled klimatskih promena koji je predložio IPCC. Koncept ekološke ranjivosti obično kombinuje dva tipa faktora, odnosno biofizičke i socioekonomske faktore. Biofizički faktori su, generalno, povezani sa izloženošću okoline, dok su socioekonomski faktori povezani sa osetljivošću, odnosno izloženim jedinicama i adaptivnim kapacitetom, tj. sposobnošću da se nosi sa stresovima koji se javljaju. Pored fizičkih uslova i prirodnih katastrofa, na postojanje ugroženosti životne sredine utiču i nefizički aspekti kao što je stanovništvo.



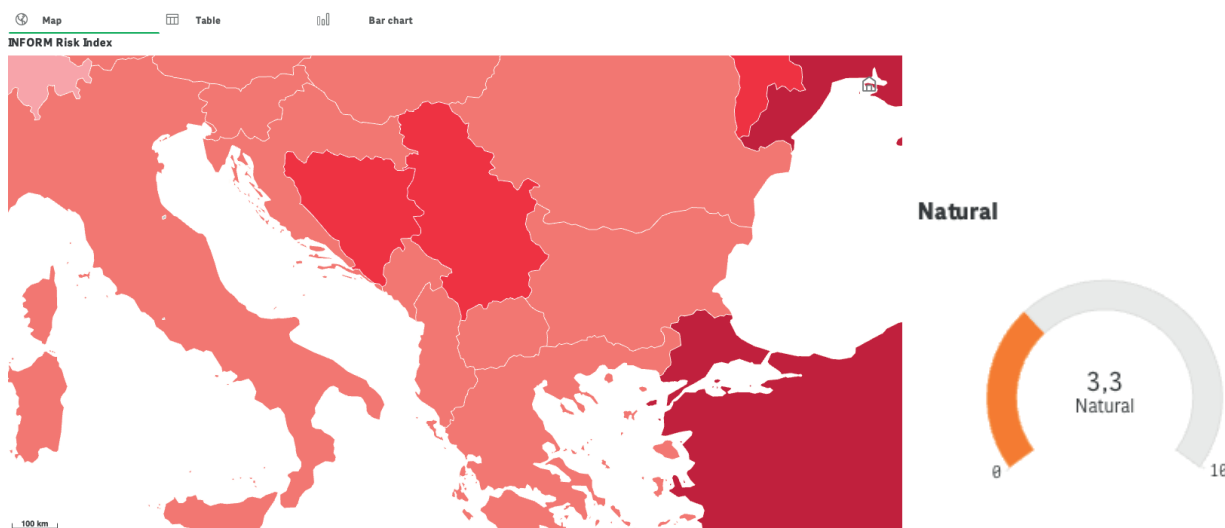
PRIRODNE NEPOGODE U SRBIJI

Republika Srbija je 2009. godine pokrenula institucionalnu reformu sistema odbrane od prirodnih katastrofa. Kao glavno koordinaciono telo formiran je Sektor za vanredne situacije (MUP) i doneta je Nacionalna strategija zaštite i spasavanja u vanrednim situacijama (Sl glasnik RS br. 86/2011 od 18.11.2011. godine), kao i Zakon o vanrednim situacijama (Sl glasnik RS br. 111/09), a danas je na snazi Zakon o smanjenju rizika od katastrofa i upravljanju vanrednim situacijama ("Službeni glasnik RS", broj 87/2018).

Republika Srbija ozbiljno je ugrožena posledicama prirodnih katastrofa. Samo u periodu od 1989. do 2006. godine Srbija je doživela 16 prirodnih i 10 tehnoloških katastrofa, ukupno 26 za 17 godina. U prirodnim katastrofama život je izgubilo 20 ljudi i bilo je ugroženo 180 449 osoba. U tehnološkim katastrofama, poginula je 171 osoba i bile su ugrožene 433 osobe. U pomenutom periodu, poplave su bile najzastupljenije, i to sa 34,62%, pa transportni akcidenti sa 26,92%, i epidemije i ekstremne temperature na trećem mestu – sa 7,69%. Najveći broj ljudi bio je ugrožen u poplavama (125 412), dok su epidemije i transportni akcidenti ugrozili 500 osoba. Dve velike prirodne katastrofe koje su se dogodile u poslednjih 20 godina bile su zemljotres u Kraljevu 2010. godine i poplave širom Srbije – 2014. godine.

Profil prirodnih opasnosti

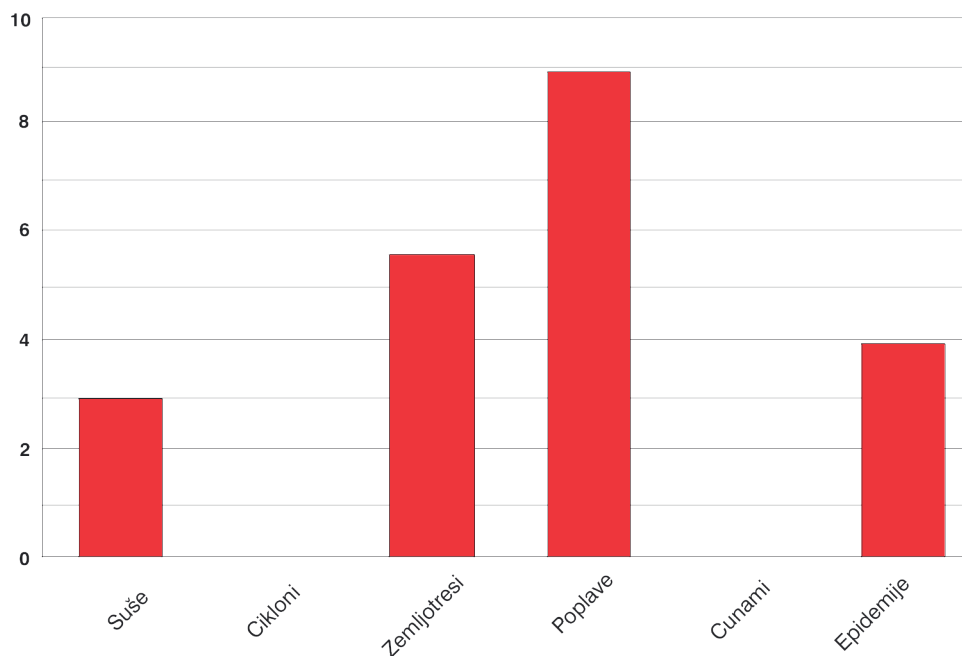
Prema indeksu rizika INFORM¹⁾, Srbija je okarakterisana kao ranjiva i izložena delovanju prirodnih opasnosti. Glavne prirodne opasnosti u Srbiji su, između ostalog, (bujične i rečne) poplave, oluje, suše, klizišta i zemljotresi, kao i epidemije stočnih bolesti i pojava štetočina, koje mogu naneti znatne štete i gubitke ljudima i životinjama. Prema podacima prikazanim na Slici 58, Srbija spada među srednje izložene i osetljive države regiona zapadnog Balkana. Rangirana je na 117. mestu globalno, prema indeksu rizika INFORM.



Slika 58. Rang Srbije koji pokazuje izloženost i osetljivost na prirodne nepogode (prema <https://drmkc.jrc.ec.europa.eu>)

Rizici nisu isti širom teritorije Srbije, razlikuju se u zavisnosti od vrste opasnosti, izloženosti, ranjivosti i kapaciteta za postupanje u vanrednim situacijama. Međutim, poplave predstavljaju glavnu hidrometeorološku opasnost, kao što je prikazano na slici 36. Doline većih vodotoka, gde se nalaze naselja, poljoprivredno zemljište, infrastruktura i industrija, izložene su visokom riziku od poplava, koje se najčešće dešavaju u Vojvodini i duž rečnih tokova Save, Drine, Velike Morave, Južne Morave i Zapadne Morave. Poplave na glavnim rečnim slivovima su uzrokovane dužim periodima padavina i/ili naglim otapanjem snega.

1) Ovaj indeks meri rizik od humanitarnih kriza i katastrofa. Dostupni su podaci za 191 zemlju i oni su besplatni i otvoreni za sve. Indeks koristi 50 različitih pokazatelja hazarda i izloženosti, ranjivosti i nedostatka kapaciteta za postupanje u vanrednim situacijama.



Slika 59. Zastupljenost prirodnih nepogoda u Republici Srbiji

Bujične poplave se mogu desiti na manjim slivovima i uzrokovane su kratkim ali intenzivnim padavinama, najčešće prilikom letnjih oluja. I drugi faktori doprinose poplavama, kao što su neodržavanje ili neadekvatno održavanje rečnih nasipa, odnosno sistema zaštite od poplava, usled čega dolazi do gomilanja otpada i sedimenata koji blokiraju tok reke ili drenažne i diverzione kanale i smanjuju kapacitet protoka, i slično. Pored toga, primena određenih poljoprivrednih praksi, kao što su tehnike upravljanja vodom, tlom i zemljištem, može da utiče na pojavu poplava (bujične poplave i površinsko plavljenje) i sedimenata.

Upravljanja prirodnim nepogodama u Srbiji

Podsticanje jačanja otpornosti i održivog rasta i razvoja stavlja se u prvi plan prilikom usklađivanja međunarodnih političkih procesa sa interesima vlada pojedinih država, privatnog i civilnog sektora, za upravljanje rizicima od prirodnih katastrofa. Sistematski proces primene administrativnih mera, organizacionih i operativnih direktiva i kapaciteta za sprovođenje strategija, politika, kako bi se umanjili negativni uticaji katastrofa i povećale mogućnosti njihovog predviđanja, predstavlja upravljanje rizikom od katastrofa (Disaster risk management DRM). Osnovni cilj upravljanja rizikom od katastrofa je da se izbegnu, umanje negativni efekti opasnosti kroz aktivnosti i mere sprečavanja, smanjenja i spremnosti. Revidirano zakonodavstvo EU o civilnoj zaštiti, koje je stupilo na snagu početkom 2014. godine, veći značaj pridaje prevenciji nepogoda, upravljanju rizicima i spremnosti na odbranu, i od država – članica zahteva da usavrše planiranje upravljanja rizicima.

Međunarodni strateški okvir za upravljanje rizikom od prirodnih nepogoda, na kojima počiva i sistem upravljanja prirodnim nepogodama u Srbiji i čiji je i Srbija potpisnik, čine:

1. Jokohama strategija za sigurniji svet (Yokohama Strategy for a Safer World: Guidelines for Natural Disaster Prevention, Preparedness and Mitigation and its Plan of Action);

Jokohama strategija sadrži smernice za sprečavanje prirodnih katastrofa, ublažavanje posledica i akcioni plan usvojen 1994. godine. Izveštaj o napretku u sprovođenju Jokohamske strategije identifikuje ključne izazove u rešavanju rizika od katastrofa u narednim godinama u kontekstu održivog razvoja i izgradnje otpornosti jačanjem nacionalnih i lokalnih kapaciteta za upravljanje rizicima i njihovo smanjenje. Izveštaj naglašava važnost smanjenja rizika od katastrofa zasnovanog na proaktivnom pristupu informisanju, inspirisanju i angažovanju ljudi u svim aspektima smanjenja rizika od katastrofa u lokalnim zajednicama.

2. Međunarodna strategija za smanjenje katastrofa (The International Strategy for Disaster Reduction UN/ISDR);

Ovo je najvažnija međunarodna inicijativa u oblasti smanjenja rizika od katastrofa, koju su usvojile Ujedinjene

nacije tokom 2000. godine. Njen cilj je identifikovanje faktora koji ugrožavaju ljudske i materijalne vrednosti, kao i koncipiranje optimalnih smernica za izgradnju društvenih zajednica otpornih na katastrofe, kao integralne komponente održivog razvoja. Konačni cilj je redukovanje ljudskih, socijalnih, ekonomskih i ekoloških gubitaka u uslovima delovanja bilo koje vrste hazarda. Sačinjena je na osnovnim principima Jokohama strategije.

3. Hjogo okvir delovanja za period 2005–2015: Izgradnja otpornosti država i zajednica na katastrofe (The Hyogo Framework for Action (HFA));

Usvojen je na svetskoj konferenciji o smanjenju katastrofa, 2005. godine u gradu Kobe, Hjogo, u Japanu. Okvir za delovanje uključuje katastrofe prouzrokovane prirodnim nepogodama, ali i ekološke i tehnološke opasnosti i rizike. Okvir, na taj način, predstavlja holistički i višestruki pristup upravljanju rizicima od katastrofa, kao i međusobnu vezu koja može imati značajan uticaj na socijalne, ekonomske i ekološke sisteme. Polazeći od zaključaka nakon evaluacije Jokohama strategije i na osnovu većanja Svetske konferencije o smanjenju rizika od katastrofa, usvojeno je pet prioriteta delovanja: 1.

Osigurati da je smanjenje rizika od katastrofa državni i lokalni prioritet sa jakim institucionalnom osnovom za implementaciju; 2. Identifikovati, proceniti i nadgledati rizike od katastrofa, i ojačati sistem ranog upozoravanja; 3. Koristiti znanje, inovacije i edukaciju kako bi se izgradila svest o bezbednosti i otpornosti na rizik na svim nivoima; 4. Smanjiti ključne faktore rizika; 5. Pojačati pripravnost za katastrofe, kako bi se osigurao efikasan odgovor na svim nivoima.

4. Sendai okvir za smanjenje rizika od katastrofa 2015–2030 (Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030).

Usvojen na Trećoj svetskoj konferenciji Ujedinjenih nacija o smanjenju rizika od katastrofa u Sendaiju, Japan, u martu 2015. godine, Sendajski okvir daje podsticaj daljim globalnim aktivnostima zemalja u okviru Hjogo okvira za akciju. Pored elemenata koji obezbeđuju kontinuitet aktivnosti, Sendai okvir uvodi nekoliko novina vezanih za Hjogo okvir, od kojih su najvažnije: naglasak na upravljanju rizicima od katastrofa, prevencija novih rizika, smanjenje postojećih rizika i unapređenje otpornosti.

Nacionalni zakonski, strateški, institucionalni okvir upravljanja rizikom od prirodnih katastrofa

Pored zakonskih propisa čiji je predmet regulisanje postupanja u pojedinim vanrednim situacijama (požari, poplave, hemijski akcidenti i sl.) sa aspekta angažovanja resursa zaštite i spasavanja, opšti zakonski okvir čini Zakon o smanjenju rizika od katastrofa i upravljanju vanrednim situacijama ("Službeni glasnik RS", broj 87/2018). Ovim zakonom se obezbeđuje smanjenje rizika od katastrofa, zatim prevencija i unapređenje otpornosti pojedinca i zajednice i spremnosti za posledice katastrofa, zaštita i pomoć lica, materijalnih, kulturnih i drugih dobara. Takođe, uređuju se prava građana, udruženja, pravnih subjekata, obaveze jedinica lokalne samouprave, autonomne pokrajine i Republike Srbije, upravljanje vanrednim situacijama, rad civilne zaštite, rano upozoravanje, obaveštavanje i uzbunjivanje, međunarodna saradnja, inspekcija i nadzor i druga važna pitanja na polju smanjenja rizika od katastrofa, kao i organizacije i rada sistema za upravljanje vanrednim situacijama.

Zakonom o vodama ("Službeni glasnik RS", br. 30/2010, 93/2012, 101/2016, 95/2018 i 95/2018) identifikovane su oblasti zaštite od štetnog dejstva voda koje se u

Srbiji sprovode više od jednog veka. Prema odredbama zakona, suzbijanje poplava je podeljeno u dve kategorije na osnovu klasifikacije vodotoka. Odbranu primarnih vodnih objekata organizuju javna preduzeća za vodosnabdevanje, a zaštita od poplava sekundarnih vodnih tela u celini je nadležnost opštinske vlasti. U skladu sa međunarodnom praksom, Republika Srbija je donela nove zakone koji se odnose na upravljanje vodotocima i hidrometeorologiju, koji sadrže važne elemente upravljanja rizicima od katastrofa. Zakon o vodama je u velikoj meri usklađen sa Direktivom o upravljanju vodama Evropske unije (EU VFD) i Direktivom EU o upravljanju rizicima od poplava 2007/60/EC. Direktiva EU o poplavama zahteva od država članica EU da razviju planove upravljanja rizikom od poplava za područja sliva, fokusirajući se na prevenciju, zaštitu i pripravnost, uključujući mapiranje postojećih opasnosti i potencijalnih rizika. Plan upravljanja rizikom od poplava baviće se svim aspektima upravljanja rizikom od poplava sa fokusom na prevenciju, zaštitu i pripravnost, uključujući predviđanje poplava i sisteme ranog upozorenja, a uzimajući u obzir karakteristike određenog sliva ili podsliva.

Nakon katastrofalnih poplava u maju 2014. godine, u julu iste godine usvojen je novi Posebni zakon Republike Srbije o otklanjanju posledica poplava („Službeni glasnik Srbije”, br. 75/2014), koji je važio do kraja 2015. Zakonom je predviđeno otklanjanje posledica poplava, odnosno aktiviranja klizišta u poplavama pogođenim područjima Republike Srbije, i područjima prema programu koji donosi Vlada i preporukama Kancelarije za sanaciju poplava i obnovu. Mere i standardi pomoći, odnosno standardi, mere i postupci za obnovu i sanaciju posledica poplava na određenom području i na određenoj teritoriji utvrđuju se programom pomoći i obnove poplavama pogođenih područja.

Strateški okvir

Povećana osetljivost na različite vrste elementarnih nepogoda (poplave, suše, ekstremne vrućine, zemljotresi, klizišta, nevreme i dr.) bila je povod za izradu Nacionalne strategije zaštite i spasavanja u vanrednim situacijama, „Službeni glasnik RS”, broj 86/2011), To uključuje sisteme za sprečavanje elementarnih nepogoda i ublažavanje njihovih posledica, zaštitu života, zdravlja, imovine građana, životne sredine i kulturnog nasleđa, spasavanje i rekonstrukciju. Osnova za donošenje ove nacionalne strategije sadržana je u Zakonu o vanrednim situacijama i drugim domaćim i međunarodnim dokumentima, kao što su: Integracija Republike Srbije u nacionalni program EU, Nacionalna strategija održivog razvoja, Strategija nacionalne bezbednosti prema definiciji članica UN, Milenijumskim ciljevima razvoja i Hjogo okvirom za akciju 2005: razvijanje otpornosti nacija i zajednica na katastrofe. Pored ovoga, pri izradi nacionalne strategije uzeta je u obzir i strategija unutrašnje bezbednosti EU i strategija EU za podršku smanjenju rizika od katastrofa u zemljama u razvoju. Ranije usvojena Strategija nacionalne bezbednosti Republike Srbije („Službeni glasnik Srbije”, br. 59/09) doneta je radi zaštite građana od stalnih bezbednosnih rizika, kao što su prirodne i tehnološke katastrofe – opasnosti od radioaktivnih, hemijskih i biološke kontaminacije životne sredine i zdravlja. U Nacionalnoj strategiji održivog razvoja („Službeni glasnik RS”, br. 57/08), peti deo posvećen je zaštiti životne sredine i prirodnih resursa Republike Srbije od uticaja različitih faktora ekološkog rizika i klimatske štete.

Institucionalni okvir

Smanjenje rizika od katastrofa zahteva snažan institucionalni okvir, koji se može postići kroz izgradnju

kapaciteta, dobro upravljanje, promociju odgovarajućih politika planiranja i zakonodavstva, promociju protoka informacija i efektivne mehanizme koordinacije. Efikasno upravljanje rizikom od katastrofa zahteva zajedničku akciju ključnih aktera iz različitih nacionalnih ministarstava, kancelarija i agencija na svim nivoima. U oblasti zaštite i spasavanja, Vlada obezbeđuje izgradnju i razvoj sistema zaštite i spasavanja Republike Srbije i planski integriše delove sistema i zadatke u celinu. Ministarstvo unutrašnjih poslova, preko Sektora za vanredne situacije, organizuje i sprovodi aktivnosti u svrhu zaštite života, zdravlja i imovine građana, održavanja uslova za život i savladavanja elementarnih nepogoda i drugih većih nesreća, tehničko-tehničkih udesa i drugih opasnosti. Ovo je posledica prirodnih katastrofa i izazvanih katastrofa (hitne situacije). Sektor za vanredne situacije nastao je reorganizacijom delova republičke uprave, okupljanjem funkcija, zaposlenih i imovine Sektora za zaštitu i spasavanje MUP-a i Ministarstva odbrane za vanredne situacije, kao i dela Organizacionih jedinica. Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine odgovorno je za upravljanje rizikom i odgovor na hemijski udes formiranjem jedinstvene službe za vanredne situacije, a u cilju postizanja što boljih rezultata iz domena svoje nadležnosti. Saglasno Zakonu o vanrednim situacijama, za odgovor na vanrednu situaciju nadležne su snage zaštite i spasavanja koje čine štabovi za vanredne situacije, jedinice civilne zaštite, vatrogasno-spasilačke jedinice, policija, Vojska Srbije i drugi subjekti čija je redovna delatnost zaštita i spasavanje ili koji su opremljeni i osposobljeni za ovakvo reagovanje. U skladu sa zakonskim nadležnostima, Republički hidrometeorološki zavod svojim jedinstvenim hidrometeorološkim sistemom rane najave, integrisanim u Nacionalni sistem zaštite i spasavanja Republike Srbije, kao i evropske i svetske hidrometeorološke sisteme i programe, obezbeđuje pravovremene i pouzdane meteorološke, klimatske i hidrološke informacije, prognoze i upozorenja. U skladu sa Zakonom o zdravstvenoj zaštiti („Službeni glasnik RS”, br. 107/05, 72/09 - dr. zakon, 88/10 i 99/10), zdravstvena ustanova dužna je da organizuje i sprovodi mere u slučaju elementarnih i drugih većih nepogoda i vanrednih prilika. Pomenutim zakonom, Zavod za javno zdravlje osnovan za teritoriju Republike utvrđuje posebne mere radi smanjenja štetnih efekata po zdravlje stanovništva i vrši njihovo sprovođenje u saradnji sa drugim ustanovama. Prema tome, sve institucije i subjekti koji su uključeni i učestvuju u sistemu upravljanja prirodnim nepogodama u Srbiji definisani su Zakonom o smanjenju rizika od katastrofa i upravljanju vanrednim

situacijama (“Službeni glasnik RS”, broj 87/2018). Čine ih organi državne uprave, autonomne pokrajine i jedinice lokalne samouprave, privredna društva i druga pravna lica i građani, grupe građana, profesionalne organizacije.

U prvu grupu spadaju Narodna skupština Republike Srbije i Vlada Republike Srbije, a tu se ubrajaju i Ministarstvo unutrašnjih poslova – Sektor za vanredne situacije, Ministarstvo odbrane i Vojska Srbije, Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine – Republička direkcija za vode (grupa za zaštitu od štetnog dejstva vode) i posebne organizacije – Republički hidrometeorološki zavod Srbije i Republički seizmološki zavod Srbije.

Drugu grupu čine privredne organizacije – JVP „Srbijavode“ (vodna područja Sava, Morava, Donji Dunav), JVP „Vode Vojvodine“ (vodna područja Bačka, Banat, Srem) i JVP „Beogradvode“ (vodno područje u granicama grada Beograda). Gorska služba spasavanja, Crveni krst Srbije, alpinistički i ronilački klubovi i drugi – predstavljaju treću grupu: grupe građana i profesionalne organizacije.

Slaba prevencija i edukacija o prirodnim hazardima koji ugrožavaju određenu teritoriju Srbije bila je povod za donošenje Nacionalnog programa upravljanja rizikom od elementarnih nepogoda 2015. godine. Pored toga, istaknuti su potrebni načini ponašanja u slučaju prirodnih nepogoda, ali je i naglašeno da su kapaciteti za oporavak i saniranje posledica dosta slabi. I pored napretka ostvarenog u poslednjih nekoliko godina, trenutno zakonodavstvo se susreće sa određenim ograničenjima, što se odražava na sporost njihove implementacije. Samim tim, u fokusu ostaje reagovanje u

vanrednim situacijama, dok koncept spremnosti i smanjenja rizika tek treba da bude primenjen. Programom je predviđen sistem za rano upozoravanje. Strukturne i nestrukturne mere su takođe nešto čemu je posvećen program, jer se uvidelo koliko je neophodno menjati domaću praksu.

Pored toga, do sada je u proučavanju prirodnih nepogoda u Srbiji dominirao fokus na prirodnim hazardima. U Srbiji su do sada sprovedena detaljna specijalistička istraživanja prirodnih hazarda, raspolaže se informacijama o njihovim vrstama, procenjenim učestalostima pojavljivanja i magnitudama. Međutim, elementi ranjivosti i otpornosti nisu dovoljno zastupljeni u istraživanju, što je uskratilo i mogućnost pravilnog i potpunog sagledavanja nivoa rizika od prirodnih nepogoda u Srbiji.

Prirodne nepogode i njihove posledice u Srbiji

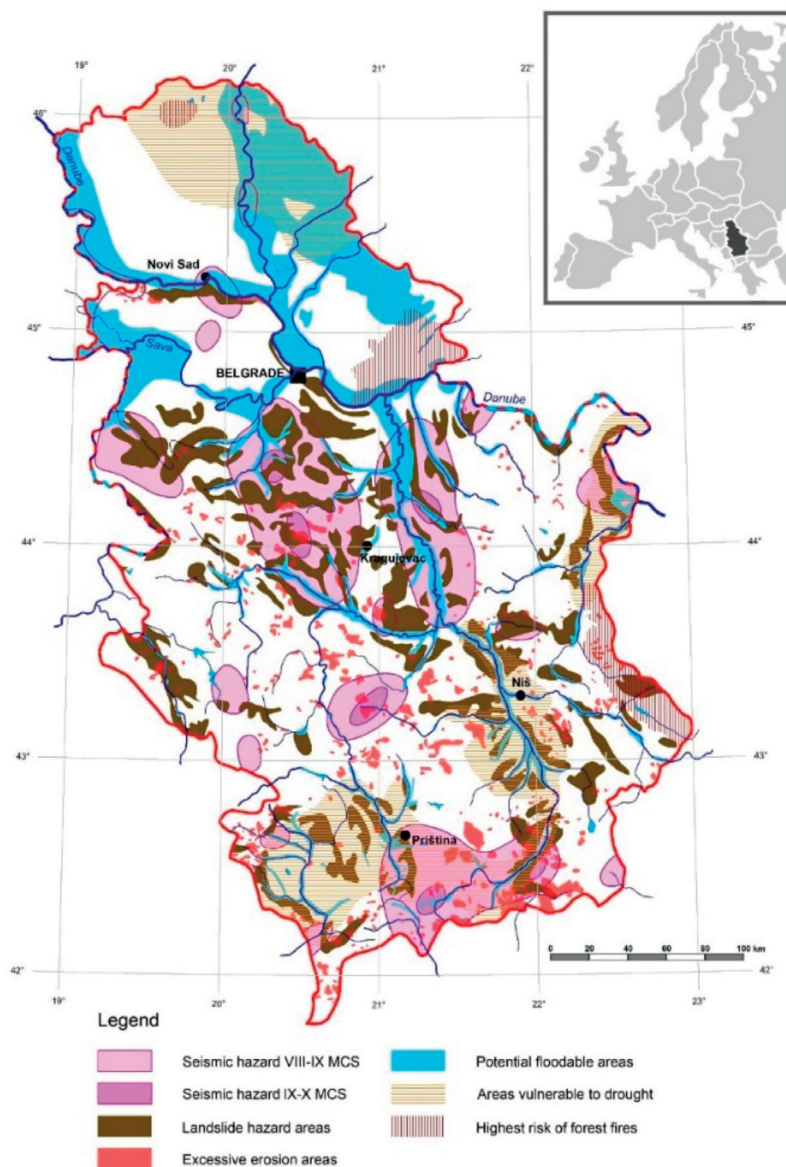
Na teritoriji Srbije pojavljuje se značajan broj prirodnih hazarda, različite učestalosti i intenziteta (Tabela 18). Njihovo pojavljivanje dovodi do razvoja prirodnih nepogoda, čije se posledice najčešće ogledaju kroz materijalne gubitke manjeg ili umerenog obima i retko ljudske žrtve.

Prema Nacionalnoj strategiji zaštite i spasavanja u vanrednim situacijama, u periodu od 1900. do 1940. godine, svakih deset godina događalo se po 100 prirodnih nepogoda; od 1960. do 1970. godine bilo ih je 650, a od 1980. do 1990. godine čak 2000, dok je u desetogodišnjem periodu 1990–2000. godina broj nepogoda porastao na 2800.

Tabela 18. Prirodni hazardi u Republici Srbiji (Dragičević et al., 2011)

Prirodni hazardi	Površina (km ²)	Površina (%)
Seizmički hazard VIII-IX MCS	16388.59	18.55
Seizmički hazard VIII-IX MCS	1109.71	1.26
Oblasti podložne eroziji	3320.80	3.76
Klizišta	13327.60	15.08
Oblasti podložne suši	18306.93	20.72
Oblasti podložne poplavama	15198.07	17.20
Najveći rizik od šumskih požara	3154.95	3.57
Ranjiva područja u Srbiji	50659.87	57.33

Najučestalija prirodna nepogoda na teritoriji Srbije je poplava. Bujične poplave su najbrojnije, ali je u proteklih pedeset godina zabeležen određen broj većih poplava, u okviru kojih se posebno izdvajaju one iz 1965, 2006. i 2014. godine. U tom periodu, vodostaji su na mnogim rekama dostigli svoj apsolutni maksimum. Procenjeno je da poplave ugrožavaju oko 18% teritorije Srbije (Tabela 11), 512 većih naselja (gradskih i seoskih) i veliki broj industrijskih postrojenja, 4000 km puteva i 680 km železničkih pruga (Slika 60). Iako su poplave najzastupljenija prirodna nepogoda u Srbiji, trenutni kapaciteti za njihovu kontrolu nisu zadovoljavajući.



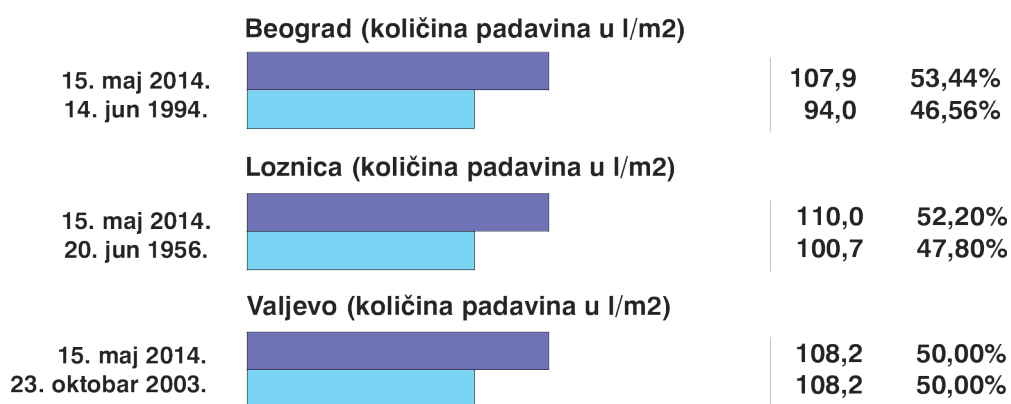
Slika 60. Rizici od prirodnih nepogoda i njihova prostorna distribucija (Dragicevic et al., 2010)

Poplave koje su 20. aprila 2005. godine pogodile mesto Jaša Tomić u opštini Sečanj, nastale su izlivanjem banatskih vodotokova, prvenstveno reka Tamiš, Brzava i Gornji Begej. Uzrok su visoke dnevne temperature tokom treće dekade marta, koje su u kombinaciji s kišnim padavinama prouzrokovale intenzivno otapanje snežnog pokrivača u oblasti Karpata i nagli porast vodostaja, pa je početkom aprila došlo do koncentrisanja velike količine vode u Tamišu. Od 3.235 stanovnika Jaše Tomića, evakuisano je 2.000 iz 585 kuća koje su bile pod vodom, od kojih se 200 urušilo u prvom naletu vode. Tom prilikom su dve osobe smrtno stradale. Ekonomske štete iznosile su preko 50 miliona evra, dok je procenat osiguranih šteta zanemarljiv i iznosi ispod 1%. Potpuno je poplavljeno 8.000 hektara oranica, a delimično 12.000 hektara oranica. Uništeno je 830 raznih objekata, od kojih su skoro polovina stambeni. Stočni fond je pretrpeo ogromne štete (Slika 61).



Slika 61. Poplave u naselju Jaša Tomić, maj 2005. godine

Usled rekordnih količina padavina u kratkom vremenskom periodu, u maju 2014. godine, Srbija je pogođena velikim poplavama. Ekstremne padavine pogodile su ceo prostor Srbije i za 24 časa registrovano je preko 100 litara kiše po kvadratnom metru. Zabeleženi su apsolutni padavinski maksimumi – 15. maja, i to u Beogradu (107,9 lit/m²), Loznici (110 lit/m²) i Valjevu (108,2 lit/m²) (Slika 62).



Slika 62. Maksimalne dnevne padavine u Srbiji 2014

(http://uos.rs/wp-content/uploads/2021/02/KATASTROFALNE-STETE-NA-TERITORIJI-REPUBLIKE-SRBIJE_shrink_ver-final.pdf)

Ukupni materijalni gubici iznosili su 1,7 milijardi evra, poplave su direktno ili indirektno pogodile 1,6 miliona ljudi, od toga je bilo 57 žrtava, a 23 je stradalo od posledica utapanja. Potpuno je uništeno 485 stambenih objekata, više od 16.000 stanova je imalo delimična oštećenja, dok je nekoliko hiljada kuća bilo neupotrebljivo, srušeni su i oštećeni mostovi, lokalni i magistralni putevi. Najviše pogođene delatnosti su rudarstvo, energetika i poljoprivreda.

Seizmološka aktivnost je prisutna na teritoriji Srbije. Oko 50% teritorije potencijalno je ugroženo zemljotresima

magnitude 7 stepeni, dok je 20% potencijalno zahvaćeno magnitudama 8. Najveći broj zemljotresa se pojavljuje u centralnoj Srbiji, u područjima oko Kopaonika, Mionice, Rudnika, ali i u južnoj Srbiji (Slika 60). Najsnažniji zemljotres koji je pogodio Srbiju 1922. godine u Lazarevcu, a njegova jačina je bila 5.9 stepeni Rihterove skale. Zemljotresi jačine iznad 5 stepeni Rihterove skale pogodili su 1921. godine Vitinu, 1927. godine Rudnik, 1980. godine Kopaonik, 1998. godine Mionicu, a 2010. Kraljevo (Slika 63).



Slika 63. *Srušena kuća u Žiči kod Kraljeva nakon zemljotresa 2010. godine (www.seismo.gov.rs)*

Suša kao prirodna nepogoda nastala usled deficita padavina u dužem vremenskom periodu uzrokuje brojne negativne posledice. Istraživanjima su izdvojena četiri regiona na teritoriji Srbije. Regioni Srbije sa najvećim rizikom od suše su: Niško-leskovačka kotlina sa Dobričkom, Belopalanačka i Aleksinačka jaruga, Vranjska i Gnjilanska jaruga, Kosovo polje sa Drenicom, Metohija, Negotinska krajina i severoistočna Bačka sa severnim Banatom. Podaci meteoroloških osmatranja pokazuju da su na teritoriji Srbije najjače suše registrovane u toku poslednje dve decenije, a naročito u severoistočnim, istočnim i južnim delovima zemlje. Od početka 21. veka Srbija se suočila sa nekoliko jakih sušnih epizoda koje su izazvale velike ekonomske gubitke. Prema Nameravanom nacionalnom doprinosu Srbije (Intended Nationally Determined Contribution - INDC), koji je podnet pre usvajanja Pariskog sporazuma 2015. godine, od 2000. godine ukupana šteta

izazvana ekstremnim vremenskim i klimatskim pojavama premašuje 5 milijardi evra, a više od 70% ovih gubitaka je povezano sa sušom i visokim temperaturama.

Šumski požari su učestali i rasprostranjeni na teritoriji Srbije, posebno u toku letnjih meseci. Požar na planini Tari 2012. godine zabeležen je kao posebno velika prirodna nepogoda. Period od 23. avgusta do 5. septembra 2012. godine karakteriše posebno visoka učestalost pojave šumskih požara. U požarima je izgorelo 2.150 hektara planinskog područja, a procenjena šteta dostigla je i do 170.000 evra. Ukupan broj požara svih vrsta koji su se dogodili u Srbiji premašio je brojku od 503.870 u periodu 2000–2017. Ove nepogode prouzrokovale su smrt 1.574 ljudi, uz više od 6.000 povređenih i ekonomske gubitke od oko milion evra.



LITERATURA

- Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global environmental change*, 16(3), 268-281.
- Albala-Bertrand, J. M. (1993). Political economy of large natural disasters: with special reference to developing countries. OUP Catalogue.
- Alcántara-Ayala, I. (2002). Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. *Geomorphology*, 47(2-4), 107-124.
- Alexander, D. E. (2000). *Confronting catastrophe: new perspectives on natural disasters*. Terra and Oxford University Press.
- Allan, R. P., Hawkins, E., Bellouin, N., & Collins, B. (2021). IPCC, 2021: Summary for Policymakers.
- Angulo-Martínez, M., & Beguería, S. (2009). Estimating rainfall erosivity from daily precipitation records: A comparison among methods using data from the Ebro Basin (NE Spain). *Journal of Hydrology*, 379(1-2), 111-121.
- Arnoldus, H. M. J. (1980). An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation. An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation., 127- 132.
- Auerswald, K., Fiener, P., Martin, W., & Elhaus, D. (2014). Use and misuse of the K factor equation in soil erosion modeling: An alternative equation for determining USLE nomograph soil erodibility values. *Catena*, 118, 220-225.
- Barrows, H. H. (1923). Geography as human ecology. *Annals of the association of American Geographers*, 13(1), 1-14.
- Bayramin, İ., Erpul, G., & Erdoğan, H. E. (2006). Use of CORINE methodology to assess soil erosion risk in the semi-arid area of Bey pazari, Ankara. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 30(2), 81-100.
- Baytiyeh, H., & Naja, M. (2016). The effects of fatalism and denial on earthquake preparedness levels. *Disaster Prevention and Management*.
- Beck, U. (2010). *World at Risk*. Cambridge: Polity Press.
- Below, R., Wirtz, A., & Guha-Sapir, D. (2009). Disaster category classification and peril terminology for operational purposes (No. UCL-Université Catholique de Louvain).
- Birkmann, J. (2006). Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies: Conceptual frameworks and definitions. *Measuring vulnerability to natural hazards: Towards disaster resilient societies*, 1, 9-54.
- Boardman, J., & Poesen, J. (Eds.). (2007). *Soil erosion in Europe*. John Wiley & Sons.
- Bohle, H. G. (2001). Vulnerability article 1: vulnerability and criticality. *IHDP Newsletter Update*. Boshier, L., & Chmutina, K. (2017). *Disaster risk reduction for the built environment*. John Wiley & Sons.
- Burton, I. (1993). *The environment as hazard*. Guilford press.
- Cardona, O. (2005). *Indicators of disaster risk and risk management: Summary report*. Inter-American Development Bank.
- Carr, L. J. (1932). Disaster and the sequence-pattern concept of social change. *American journal of sociology*, 38(2), 207-218.

- Chapman, D. (1994). *Natural Hazards*, Oxford University Press
- Chaudhary, M. T., & Piracha, A. (2021). Natural Disasters—Origins, Impacts, Management. *Encyclopedia*, 1(4), 1101-1131.
- Chmutina, K. Von Meding, J. (2019) A Dilemma of language: “Natural disasters” in academic literature. *international journal disaster risk science* 10, 283–292.
- Coburn, A. W., Spence, R. J., & Pomonis, A. (1991). Vulnerability and risk assessment. In *Vulnerability and risk assessment* (pp. 48-48).
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the social sciences*.
- Costea, M. (2012). Using the Fournier indexes in estimating rainfall erosivity. Case study-the Secasul Mare Basin. *Aerul si Apa. Componente ale Mediului*, 313.
- CRED & UNISDR (2015). *The Human Cost of Weather-Related Disasters 1995- 2015*. Brussels: CRED, Geneva:UNISDR.
- Cutter, S. L. (2018). Linkages between vulnerability and resilience. *Vulnerability and resilience to natural hazards*, 257-270.
- Cutter, S. L. (Ed.). (2002). *American hazardscapes: The regionalization of hazards and disasters*. Joseph Henry Press.
- Cutter, S. L., & Finch, C. (2008). Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards. *Proceedings of the national academy of sciences*, 105(7), 2301-2306.
- Cvetkovic, V. (2021). Jačanje sistema integrisanog upravljanja rizicima od katastrofa u Srbiji: DISARIMES: Strengthening integrated disaster risk management system in Serbia: DISARIMES. *Zbornik radova Naučno-stručnog društva za upravljanje rizicima u vanrednim situacijama i Međunarodnog instituta za istraživanje katastrofa (Collection of Papers, Scientific-Professional Society for Disaster Risk Management and International Institute for Disaster Research*, 77-111.
- Dahl, J. H., & Zetterberg, G. (2012). Pandemic preparedness from an RVA-perspective—Does the focus change in. *Risk*, 2010(59), 451-19409.
- De Luis, M., Gonzalez-Hidalgo, J. C., Brunetti, M., & Longares, L. A. (2011). Precipitation concentration changes in Spain 1946–2005. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11(5), 1259-1265.
- de Santos Loureiro, N., & de Azevedo Coutinho, M. (2001). A new procedure to estimate the RUSLE EI₃₀ index, based on monthly rainfall data and applied to the Algarve region, Portugal. *Journal of hydrology*, 250(1-4), 12-18.
- Diodato, N., & Bellocchi, G. (2007). Estimating monthly (R) USLE climate input in a Mediterranean region using limited data. *Journal of Hydrology*, 345(3-4), 224-236.
- Đorđević, S., Vukašinović, M., Cvetković, D., & Pejić, D. Jačanje kapaciteta lokalnih zajednica za odgovor na klimatske promene u regionu podrinja.
- Dragićević, S., Filipović, D., Kostadinov, S., Ristić, R., Novković, I., Živković, N., ... & Djurdjčić, S. (2011). Natural hazard assessment for land-use planning in Serbia.
- Dragotă, C., Micu, M., & Micu, D. (2008). The relevance of pluvial regime for landslides genesis and evolution. Case-study: Muscel Basin (Buzău Subcarpathians), Romania. *Present environment and sustainable development*, 2, 242-257.
- Dumitrașcu, M., Dragotă, C. S., Grigorescu, I., Dumitrașcu, C., & Vlăduț, A. (2017). Key pluvial parameters in assessing rainfall erosivity in the south-west development region, Romania. *Journal of Earth System Science*, 126(4), 1-17.

- Dynes, R. R. (1993). Disaster reduction: The importance of adequate assumptions about social organization. *Sociological spectrum*, 13(1), 175-192.
- Eastman, J. R., Emani, S., Hulina, S., Jiang, H., Johnson, A., & Ramachandran, M. (1997). Applications of geographic information systems (GIS) technology in environmental risk assessment and management. Clark University. Clark Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis. Idrisi Project.
- EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database. At <http://www.cred.be/emdat>. Université Catholique de Louvain. Brussels, Belgium.
- Etkin, D. (2014). *Disaster theory: an interdisciplinary approach to concepts and causes*. Butterworth-Heinemann.
- Fekete, A. (2010). Assessment of social vulnerability for river-floods in Germany.
- Ferrier, N., & Haque, C. E. (2003). Hazards risk assessment methodology for emergency managers: A standardized framework for application. *Natural hazards*, 28(2), 271-290.
- Few, R., & Anagnosti, S. (2010). Supporting disaster risk reduction in developing countries (a study for the European Union).
- Fischer, M. M., & Nijkamp, P. (1992). Geographic information systems and spatial analysis. *The Annals of Regional Science*, 26(1), 3-17.
- Gabriels, D. (2001). Rain erosivity in Europe. In: *Man and Soil in the Third Millennium*, III International Congress of European Society for Soil Conservation, 31-43.
- Gilbert, R. O. (1987). *Statistical methods for environmental pollution monitoring*. John Wiley & Sons.
- Gill, J. C., & Malamud, B. D. (2014). Reviewing and visualizing the interactions of natural hazards. *Reviews of Geophysics*, 52(4), 680-722.
- Global Network of Civil Society Organisations for Disaster Reduction (GNDR). *Disasters Are Not Natural*. 2021. Available online: <https://www.gndr.org/news/item/1499-disasters-are-not-natural.html> (accessed on 20 October 2021).
- Gobin, A., Jones, R., Kirkby, M., Campling, P., Govers, G., Kosmas, C., & Gentile, A. R. (2004). Indicators for pan-European assessment and monitoring of soil erosion by water. *Environmental Science & Policy*, 7(1), 25-38.
- GOI-UNDP (2008) Through participation of communities and local self governments. National Disaster Management Division, Ministry of Home Affairs, Government of India. <http://www.ndmindia.nic.in/EQProjects/goiundp2.o.pdf>. Accessed Mar 2012
- GOI-UNDP (2010) Disaster risk management programme: evaluation and review of lessons learnt. Ministry of Home Affairs, Government of India
- Government of Michigan (2001) The Michigan hazard analysis. Michigan Emergency Management. https://www.michigan.gov/documents/msp/Doc1_394216_7.pdf
- Helm, P. (1996). Integrated risk management for natural and technological disasters. *Tephra*, 15(1), 4-13.
- Hewitt, K. (2014). *Regions of risk: A geographical introduction to disasters*. Routledge.
- Hrnjak, I., Lukić, T., Gavrilov, M. B., Marković, S. B., Unkašević, M., Tošić, I., 2014. Aridity in Vojvodina, Serbia. *Theoretical and Applied Climatology*, 115, 323-332. doi: 10.1007/s00704-013-0893-1
- http://uos.rs/wp-content/uploads/2021/02/KATASTROFALNE-STETE-NA-TERITORIJI-REPUBLIKE-SRBIJE_shrink_ver-final.pdf

<http://www.cred.be/emdat> (18. 12. 2021).

<http://www.munichre.com/en/reinsurance/business/nonlife/georisks/natcatservice/default.aspx> (18.12. 2021).

<https://www.irdrinternational.org/>

[http://uos.rs/wp-content/uploads/2021/02/KATASTROFALNE-STETE-NA-TERITORIJI- REPUBLIKE-SRBIJE_shrink_ver-final.pdf](http://uos.rs/wp-content/uploads/2021/02/KATASTROFALNE-STETE-NA-TERITORIJI-REPUBLIKE-SRBIJE_shrink_ver-final.pdf)

Hudson, N. (1971). Soil Conservation Cornell Univ. Press, New York, USA.

Integrated Research on Disaster Risk (2014). Peril Classification and Hazard Glossary (IRDR DATA Publication No. 1). Beijing: Integrated Research on Disaster Risk.

International Council for Science (2008). A Science Plan for Integrated Research on Disaster Risk: Addressing the challenge of natural and human-induced environmental hazards.

IOM 2020: International Organization on Migration 2020: International Displacement in the Context of the Slow-Onset Adverse Effects of Climate Change Submission by the International Organization for Migration to the Special Rapporteur on the Human Rights of Internally Displaced Persons. IOM, Geneva.

Jasanoff, S. (1998). The political science of risk perception. *Reliability Engineering & System Safety*, 59(1), 91-99.

Jones, K. E., Patel, N. G., Levy, M. A., Storeygard, A., Balk, D., Gittleman, J. L., & Daszak, P. (2008). Global trends in emerging infectious diseases. *Nature*, 451(7181), 990-993.

Keller, E. A., & DeVecchio, D. E. (2016). *Natural hazards: earth's processes as hazards, disasters, and catastrophes*. Routledge.

Kelman, I. (2010). Natural disasters do not exist (natural hazards do not exist either).

Khorsandi, N., Mohdian, H. M., Pazira, E., & Nikkami, D. (2010). Comparison of rainfall erosivity indices in runoff-sediment plots in northern Iran. *World Appl Sci J*, 10(8), 975-979.

Kreps, G. A. (1989). Description, taxonomy, and explanation in disaster research. *International journal of mass emergencies and disasters*, 7(3), 277-280.

Kreps, G. A. (1995). Disaster as systemic event and social catalyst: A clarification of subject matter. *International Journal of Mass Emergencies and Disasters*, 13(3), 255-284.

Lafond, G., & Gosselin, A. (1986). A survey on perceived risks. *Emergency Preparedness Canada*.

Lei, Y., Wang, J. A., Yue, Y., Zhou, H., & Yin, W. (2014). Rethinking the relationships of vulnerability, resilience, and adaptation from a disaster risk perspective. *Natural hazards*, 70(1), 609-627.

Loewenstein, G. F., Weber, E. U., Hsee, C. K., & Welch, N. (2001). Risk as feelings. *Psychological Bulletin*, 127(2), 267-286. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.127.2.267>

Lujan, D. L., & Gabriels, D. (2005). Assessing the rain erosivity and rain distribution in different agro-climatological zones in Venezuela. *Sociedade & Natureza*, 1(1), 16-29.

Lukić, A. (2018). *Primena odabranih klimatoloških indeksa u proceni hazardne ugroženosti prostora Panonskog basena*. Master rad u rukopisu. Prirodno-Matematički fakultet, Departman za geografiju, turizam i hotelijerstvo, Univerzitet u Novom Sadu.

Lukić, T., Bjelajac, D., Fitzsimmons, K. E., Marković, S. B., Basarin, B., Mlađan, D., ... & Samardžić, I. (2018). Factors triggering landslide occurrence on the Zemun loess plateau, Belgrade area, Serbia. *Environmental earth sciences*, 77(13), 1-15.

- Lukić, T., Gavrilov, M. B., Marković, S. B., Komac, B., Zorn, M., Mlađan, D., ... & Prentović, R. (2013). Classification of natural disasters between the legislation and application: experience of the Republic of Serbia. *Acta geographica Slovenica-Geografski zbornik*, 53(1), 150-164.
- Lukić, T., Leščešen, I., Sakulski, D., Basarin, B., & Jordaan, A. (2016). Rainfall erosivity as an indicator of sliding occurrence along the southern slopes of the Bačka loess plateau: a case study of the Kula settlement, Vojvodina (North Serbia). *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 11(2), 303-318.
- Lukić, T., Sakulski, D., Micić, T., Gavrilov, M.B., Marković, S.B., Basarin, B., Vasiljević, Đ.A., Vujičić, M.D., Milanović, M., Pavić, D., Mesaroš, M., Miljković, Đ., Morar, C., Mlađan, D., Lukić, A., Džakula, D., Tadić, E., Šojić, A. (2018). Key pluvial parameter in assessing rainfall erosivity in the Vojvodina region, Serbia: application of Angot pluvial index. *Natural Hazards- lessons from the past and contemporary challenges 2018*, Serbian Academy of Sciences and Arts / University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Department of Geography, Tourism and Hotel Management, Novi Sad, Serbia, October 5-7, 2018, Abstract Book: 31-32.
- Marsh, W. M., & Grossa, J. (1996). *Environmental geography: science, land use, and earth systems* (No. Sirsi) i9780471503965).
- McEntire, D. A. (2001). Triggering agents, vulnerabilities and disaster reduction: towards a holistic paradigm. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*.
- McHarg, I. L. (1969). *Design with nature*. Published for the American Museum of Natural History by the Natural History Press. Garden City, New York, USA.
- Mello, C. D., Viola, M. R., Beskow, S., & Norton, L. D. (2013). Multivariate models for annual rainfall erosivity in Brazil. *Geoderma*, 202, 88-102.
- Messerli, B., Grosjean, M., Hofer, T., Nunez, L., & Pfister, C. (2000). From nature-dominated to human-dominated environmental changes. *Quaternary Science Reviews*, 19(1-5), 459-479.
- Mileti, D. (1999). *Disasters by design: A reassessment of natural hazards in the United States*. Joseph Henry Press.
- Miller, F., Osbahr, H., Boyd, E., Thomalla, F., Bharwani, S., Ziervogel, G., ... & Nelson, D. (2010). Resilience and vulnerability: complementary or conflicting concepts?. *Ecology and Society*, 15(3).
- Mitchell, J. T., & Cutter, S. L. (1997). *Global Change and Environmental Hazards: Is the World Becoming More Disastrous? Hands-On! Developing Active Learning Modules on the Human Dimensions of Global Change*. Association of American Geographers, 1710 Sixteenth Street NW, Washington, DC 20009-3198.
- Morgan, M. G., Fischhoff, B., Bostrom, A., & Atman, C. J. (2002). *Risk communication: A mental models approach*. Cambridge University Press.
- Morgan, R. P. C. (1992, May). Soil erosion in the northern countries of the European Community. In *EIW Workshop: elaboration of a framework of a code of good agricultural practices*, Brussels (pp. 21-22).
- Morgan, R. P. C. (2009). *Soil erosion and conservation*. John Wiley & Sons. Nacionalna strategija održivog razvoja („Službeni glasnik RS”, br. 57/08)
- Nacionalna strategije zaštite i spasavanja u vanrednim situacijama („Službeni glasnik RS”, broj 86/2011)
- Nacionalni program upravljanja rizikom od elementarnih nepogoda (2015)
- Nirupama, N. (2012). Risk and vulnerability assessment: a comprehensive approach. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*.
- Nirupama, N. (2013). Disaster risk management. *Encyclopedia of natural hazards*, 164-170.

- Noson, L. (2002, September). Hazard mapping and risk assessment. In Proceedings, Regional Workshop on Best Practices in Disaster Mitigation (pp. 24-26).
- Nott, J. (2006). Extreme events: a physical reconstruction and risk assessment. Cambridge University Press.
- O'Keefe, P. (1976). Taking the "Naturalness" out of "Natural Disaster". *Nature (London)*, 260, 566- 567.
- Oduro-Afriyie, K. (1996). Rainfall erosivity map for Ghana. *Geoderma*, 74(1-2), 161-166. Okrent, D. (1980). Comment on societal risk. *Science*, 208(4442), 372-375.
- Okrent, D. (1998). Risk perception and risk management: on knowledge, resource allocation and equity. *Reliability Engineering & System Safety*, 59(1), 17-25.
- Oliver-Smith, A. (1996). Anthropological research on hazards and disasters. *Annual review of anthropology*, 25(1), 303-328.
- Onchev, N. G. (1985). Universal index for calculating rainfall erosivity.
- Panagos, P., Ballabio, C., Borrelli, P., Meusburger, K., Klik, A., Rousseva, S., ... & Alewell, C. (2015). Rainfall erosivity in Europe. *Science of the Total Environment*, 511, 801-814.
- Panić, M. (2016). Konceptualni okvir za procenu socijalne ranjivosti od prirodnih hazarda u Srbiji. Doktorska disertacija u rukopisu. Univerzitet u Novom Sadu
- Paradise, T. R. (2005). Perception of earthquake risk in Agadir, Morocco: A case study from a Muslim community. *Global Environmental Change Part B: Environmental Hazards*, 6(3), 167- 180.
- Preventionweb. Changing the Discourse of Disaster Reporting. 2021. Available online: <https://www.preventionweb.net/blog/nonaturaldisasters-changing-discourse-disaster-reporting> (accessed on 20 October 2021).
- Quarantelli, E. L. (Ed.). (1998). What is a disaster?: perspectives on the question. Psychology Press.
- Rashed, T., & Weeks, J. (2003). Assessing vulnerability to earthquake hazards through spatial multicriteria analysis of urban areas. *International Journal of Geographical Information Science*, 17(6), 547-576.
- Raymond, C., Matthews, T., & Horton, R. M. (2020). The emergence of heat and humidity too severe for human tolerance. *Science Advances*, 6(19), eaaw1838.
- Reliefweb. Why Disasters Are Not Natural? 2021. Available online: <https://reliefweb.int/report/world/why-disasters-are-not-natural> (accessed on 20 October 2021).
- Renard, K. G., & Freimund, J. R. (1994). Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE. *Journal of hydrology*, 157(1-4), 287-306.
- Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A., McCool, D. K., & Yoder, D. C. (1996). Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). *Agriculture handbook*, 703, 23.
- Renn, O. (2017). Risk governance: coping with uncertainty in a complex world. Routledge.
- Renn, O., & Rohrman, B. (Eds.). (2000). Cross-cultural risk perception: a survey of empirical studies (Vol. 13). Springer Science & Business Media.
- Rosa, E. A. (1998). Metatheoretical foundations for post-normal risk. *Journal of risk research*, 1(1), 15-44.
- Ruiu, G. (2012). Is fatalism a cultural belief? An empirical analysis on the origin of fatalistic tendencies.
- Schäfer, L., Jorks, P., Seck, E., Koulibaly, O., & Diouf, A. (n.d.). Slow-onset Processes and Resulting Loss and Damage – An introduction | Germanwatch e.V. Retrieved February 10, 2022, from <https://www.germanwatch.org/en/19796>

- Schneider, T. (2006). Risk aversion—A delicate issue in risk assessment. In *RISK21-Coping with Risks due to Natural Hazards in the 21st Century* (pp. 69-76). CRC Press.
- Senanayake, S., Pradhan, B., Huete, A., & Brennan, J. (2020). A review on assessing and mapping soil erosion hazard using geo-informatics technology for farming system management. *Remote Sensing*, 12(24), 4063.
- Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030. In: UN world conference on disaster risk reduction, 2015 March 14–18, Sendai, Japan. Geneva: United Nations Office for Disaster Risk Reduction; 2015. Available from: http://www.wcdrr.org/uploads/Sendai_Framework_for_Disaster_Risk_Reduction_2015-2030.pdf
- Sfîru, R., Cârdei, P., Herea, V., & Ertekin, C. (2011). Calculation of rainfall erozion intensity (rainfall erosivity) in Valea Călugărească wine growing area. *INMATEH-Agricultural Engineering*, 34(2), 23-28.
- Shi, P., Wang, J. A., Xu, W., Ye, T., Yang, S., Liu, L., ... & Wang, M. (2015). World atlas of natural disaster risk. In *World Atlas of natural disaster risk* (pp. 309-323). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Sinding Bentzen, J. (2019). Acts of God? Religiosity and natural disasters across subnational world districts. *The Economic Journal*, 129(622), 2295-2321.
- Sjöberg, L. (2001). Limits of knowledge and the limited importance of trust. *Risk analysis*, 21(1), 189-198.
- Sjöberg, L., Kolarova, D., Rucai, A. A., & Bernström, M. L. (2000). Risk perception in Bulgaria and Romania. In *Cross-Cultural Risk Perception* (pp. 145-183). Springer, Boston, MA.
- Slovic, P. E. (2000). The perception of risk. Earthscan publications. Smith, K. (2001). Assessing risk and reducing disaster. Routledge.
- Smith, K. (2004). Environmental hazards: assessing risk and reducing disaster, Fourth. In *Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster*. Routledge London.
- Smith, K. (2013). Environmental hazards: assessing risk and reducing disaster. Routledge.
- Spinoni, J., Barbosa, P., Bucchignani, E., Cassano, J., Cavazos, T., Christensen, J. H., ... & Dosio, A. (2020). Future global meteorological drought hot spots: a study based on CORDEX data. *Journal of Climate*, 33(9), 3635-3661.
- Spinoni, J., Naumann, G., Vogt, J., & Barbosa, P. (2016). Meteorological droughts in Europe. Publications Office of the European Union, ISBN-13, 978-92.
- Stadtherr, L., Coumou, D., Petoukhov, V., Petri, S., & Rahmstorf, S. (2016). Record Balkan floods of 2014 linked to planetary wave resonance. *Science advances*, 2(4), e1501428.
- Strategija nacionalne bezbednosti Republike Srbije ("Službeni glasnik RS", broj 59/09)
- Svetska konferencija o smanjenju rizika od katastrofa: Hjogo okvir za delovanje 2005-2015. Kobe, Hjogo, Japan, (2005)
- Tanasijević, Đ. (1972). Zemljišta Vojvodine - Černozemi. Institut za poljoprivredna istraživanja. Novi Sad. str. 127-253.
- Tierney, K. (2014). The social roots of risk. Stanford University Press.
- Tobin, G. A. (1997). Natural hazards: explanation and integration. Guilford Press.
- Ufoegbune, G. C., Bello, N. J., Ojekunle, Z. O., Orunkoye, A. R., Eruola, A. O., & Amori, A. A. (2011). Rainfall erosivity pattern of Ogun River basin area (Nigeria) using modified Fournier index. *European Water*, 35, 23-29.

- UN-ICSU. (2012). Integrated Research on Disaster Risk. Peril Classification and Hazard Glossary
- N/ISDR (2004) Living with Risk. A Global Review of Disaster Reduction Initiatives. Geneva: United Nations Secretariat of the International Strategy for Disaster Reduciton (UN/ISDR).
- UN/ISDR (2005) Invest to Prevent Disaster. Geneva: United Nations Secretariat of the International Strategy for Disaster Reduciton (UN/ISDR).
- UN/ISDR (2008) Indicators of Progress: Guidance on Measuring the Reduction of Disaster Risks and the Implementation of the Hyogo Framework for Action. Geneva: United Nations secretariat of the International Strategy for Disaster Reduciton (UN/ISDR).
- UNDP (2004) Reducing Disaster Risk: A Challenge for Development. A Global Report. USA: United Nations Development Programme, Bureau for Crises prevention and Recovery.
- UNDRR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction). Global Assessment Report 2019. Available online: <https://gar.unisdr.org/> (accessed on 13 October 2021).
- UNEP (2002) Global Environment outlook 3 – Past, Present and Future Perspectives. London: Earthscan Publications Ltd.
- UNISDR (2007b) Hyogo Framework for Action 2005–2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters. Extract from the final report of the World Conference on Disaster Reduction (A/CONF.206/6). Geneva
- UNISDR, 2009, Terminology on Disaster Risk Reduction, Geneva, Switzerland.
- UNISDR. 2004. Disaster risk reduction for sustainable development. Guidelines for mainstreaming disaster risk assessment in development. A Publication of the United Nations' International for Disaster Reduction. Geneva.
- UNISDR.(2015). Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030. United Nations
- Van Aalst, M. K. (2006). The impacts of climate change on the risk of natural disasters. *Disasters*, 30(1), 5-18.
- Wackernagel, H. (2003). Multivariate geostatistics: an introduction with applications. Springer Science & Business Media.
- Weichselgartner, J. (2001). Disaster mitigation: the concept of vulnerability revisited. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*.
- White, G. F. (1936). The limit of economic justification for flood protection. *J. Land & Pub. Util. Econ.*, 12, 133.
- White, G. F., Kates, R. W., & Burton, I. (2001). Knowing better and losing even more: the use of knowledge in hazards management. *Global Environmental Change Part B: Environmental Hazards*, 3(3), 81-92.
- Whyte, A. V., & Burton, I. (1982). Perception of risk in Canada. *Living with risk*. Institute of Environmental Studies, University of Toronto.
- Wijkman, A., & Timberlake, L. (2021). *Natural disasters: acts of God or acts of man?*. Routledge.
- Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning (No. 537). Department of Agriculture, Science and Education Administration.
- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., & Davis, I. (2004). *At Risk* 2nd ed. London and New York.
- Yari, A., Zarezadeh, Y., & Ostadtaghizadeh, A. (2019). Prevalence of fatalistic attitudes toward earthquake disaster risk management in citizens of Tehran, Iran. *International journal of disaster risk reduction*, 38, 101181.
- Zakon o izmenama i dopunama Zakona o vanrednim situacijama (Sl. glasnik RS, br. 92/2011, 93/2012)

Zakon o Republičkom seizmološkom zavodu ("Službeni glasnik RS", broj 71/94)

Zakon o vodama ("Službeni glasnik RS", broj 30/10) 13. Zakon o otklanjanju posledica poplava u Republici Srbiji ("Službeni glasnik RS", br. 75/2014)

Zakon o zdravstvenoj zaštiti ("Službeni glasnik RS", br. 107/05, 72/09 - dr. zakon, 88/10 i 99/10) Zakona o vanrednim situacijama (Sl. glasnik RS, br. 111/2009)

Драгићевић, С. и Филиповић, Д. (2016). Природни услови и непогоде у планирању и заштити простора, Географски факултет, Београд

