

FENOMENOLOŠKE I ETIOLOŠKE DIMENZIJE KATASTROFA IZAZVANIH ZEMLJOTRESOM

Jelena Planić

Naučno-stručno društvo za upravljanje rizicima u vanrednim situacijama, Beograd;
Međunarodni institut za istraživanje katastrofa

Vladimir M. Cvetković

Univerzitet u Beogradu, Fakultet bezbednosti, Gospodara Vučića 50, Beograd;
Naučno-stručno društvo za upravljanje rizicima u vanrednim situacijama, Beograd;
Međunarodni institut za istraživanje katastrofa, Beograd.

Apstrakt: Prirodne katastrofe su postale deo svakodnevnog života savremenog čoveka, i njihove pojave su sve učestalije i intenzivnije zbog klimatskih promena. Zemljotresi zbog svoje nepredvidivosti predstavljaju jednu od najstrašnijih i najskupljih prirodnih katastrofa. Autori u ovom radu, koristeći pregled literature, predstavljaju osnovne karakteristike zemljotresa kao prirodnih katastrofa, kao i značaj pripremljenosti u odgovoru na prirodne katastrofe. Prikazani su osnovni elementi zemljotresa, klasifikacija, skale za merenje jačine zemljotresa i posledice koje izazivaju zemljotresi. S obzirom na to da pripremljenost za katastrofe na nivou pojedinca, zajednice i društva predstavlja efikasno oruđe u smanjenju rizika od katastrofa i ublažavanju njihovih posledica, u radu je posebna pažnja posvećena načinima poboljšanja pripremljenosti. Korišćenjem brojnih naučnih radova, prikazana su iskustva mnogih država čije primere je potrebno pratiti kako bi se na pravilan način osmislile i implementirale strategije ublažavanja posledica prirodnih katastrofa, i programi edukacije građana.

Gljučne reči: prirodne katastrofe, zemljotres, pripremljenost, posledice.

1. Uvod

Organizacija za epidemiologiju katastrofa (Center for Research on the Epidemiology of Disasters - CRED) definiše prirodne katastrofe kao „iznenadne i nepredvidive situacije ili događaje koji izazivaju ogromna razaranja, materijalnu štetu i ljudska stradanja i kada prevazilaze mogućnosti organa lokalne vlasti da na te probleme odgovore, već je neophodno učešće međunarodne zajednice“ (Lukić *et al.*, 2013:153). Prema organizaciji za epidemiologiju katastrofa, mora se ispuniti bar jedan od sledećih uslova da bi se proglašila katastrofa: deset ili više poginulih; više od 100 pogođenih; zatražena međunarodna pomoć ili proglašenje vanrednog stanja (Olawuni, Olowoporoku, & Daramola, 2020).

Katastrofe izazvane prirodnim opasnostima su postale deo svakodnevnog života savremenog čoveka i veoma često imaju destruktivne posledice po život, zdravlje i imovinu ljudi, kao i po bezbednost države i čitave međunarodne zajednice (Cvetković, Milojković i Stojković, 2014). Rapidno povećanje svetske populacije, urbanizacija, degradiranje životne sredine, siromaštvo i socijalne nejednakosti su dovele do povećanog uticaja prirodnih opasnosti (Tekeli-Yesil, Dedeoğlu, Tanner, Braun-Fahrlaender, & Obrist, 2010). Katastrofe su postale sve intenzivnije i učestalije zbog klimatskih promena, a porast globalne temperature dovodi do nepredvidivih i razornih posledica (Goyal, 2019). Svaka katastrofa dovodi do različitih scenarija ili okolnosti, a veoma često i jedna prirodna katastrofa, izaziva pojavljivanje druge katastrofe (Rico, 2019).

Globalni trendovi prirodnih opasnosti pokazuju da iako je došlo do pada u broju žrtava, sve više se povećava broj ljudi koji su pogođeni katastrofama i materijalna šteta raste od sredine dvadesetog veka. Prema podacima Karlsruh (Karlsruhe) Instituta za tehnologiju iz 2016. procenjeno je da je između 1990. i 2015. godine širom sveta od posledica prirodnih katastrofa naneta ekonomska šteta veća od 7000 milijardi dolara (Požani, 2020). Poređenja radi u periodu 1900-1940 dolazilo je do 100 katastrofa po deceniji, dok je u periodu 1990-2000

broj katastrofa skočio na 2800 (Lukić *et al.*, 2013). U skorašnjim godinama, smanjenje rizika tj. prevencija i ublažavanje rizika od katastrofa i pripremljenost za događaje dolaze u centar interesovanja (Tekeli-Yesil *et al.*, 2010).

Klasifikacija prirodnih katastrofa koja je najviše prihvaćena je ona koja je zasnovana na mestu nastanka katastrofe, pa se prema tome one dele na: geofizičke, meteorološke, hidrološke, klimatološke, biološke i vanzemaljske (Cvetković, 2017). Zemljotresi uz klizišta, vulkanske erupcije i odrone spadaju u grupu geofizičkih i litosferskih katastrofa.

2. Pojmovno određenje i elementi zemljotresa

Sve do 1.11.1755. godine kada je došlo do razornog zemljotresa u Lisabonu, shvatanja o zemljotresu su bila rezultat ljudske fantazije a ne posledica proučavanja i neposrednih posmatranja (Đarmati i Jakovljević, 1996). Zemljotresi su oduvek privlačili pažnju čoveka ali je do razvoja seizmologije kao nauke i njenog proučavanja došlo tek u 19. veku (Đorđević, 2018). Zemljotres ili trus nastaje iznenadnim slaganjem velikih tektonskih ploča duž fraktura unutar zemlje (Cvetković, 2020). Ova pomeranja uzrokuju talase koji mogu da pređu velike razdaljine a ukoliko stignu do površine zemlje izazivaju neverovatna razaranja i u svega nekoliko minuta mogu uništiti građevine i objekte kritične infrastrukture. Što je veća gustina naseljenosti i broj ugroženih građevina veća je mogućnost za katastrofu.

Elementi zemljotresa (Đarmati i Jakovljević, 1996):

- Hipocentar - mesto na kom dolazi do tektonskih deformacija kao posledica procesa u zemljinoj kori
- Hipocentralno vreme – vreme početka zemljotresa
- Dubina hipocentra – rastojanje između površine Zemlje i hipocentra
- Hipocentralno rastojanje – rastojanje od bilo koje tačke na Zemlji do hipocentra

- Epicentar – oblast na Zemljinoj površini koja je vertikalna projekcija hipocentra
- Epicentralna zona – zona tj. projekcija žarišne površine na površinu Zemlje
- Eleistoceit – mesto gde je usled zemljotresa došlo do najvećih oštećenja
- Epicentralno vreme – početak zemljotresa u epicentru
- Epicentralno rastojanje – rastojanje između epicentra i bilo koje tačke na površini Zemlje

Glavni udar zemljotresa u epicentru traje 15-30 sekundi, a udaljavanjem od epicentra njihovo trajanje se produžava. Pri zemljotresima, zemljište se kreće vertikalno i talasasto (Đerčan, Ristanović i Miljković, 2009). Vertikalno kretanje prevlađuje u blizini epicentra a udaljavanjem od epicentra sve više prelazi u talasasto. Pored značajnog razvoja seizmologije, veliku zabrinutost predstavlja to što se još uvek ne može predvideti mesto i početak zemljotresa kao i posledice koje može da prouzrokuje (Cvetković i sar., 2014; Cvetković, 2020; Jakovljević, Cvetković i Gačić, 2015).

Najbitnije karakteristike zemljotresa kao prirodnih opasnosti su (Cvetković, 2020): najčešće se pojavljuju iznenada i bez upozorenja; postoje skale za merenje intenziteta zemljotresa, ali zemljotresi se ne mogu predvideti; područja sklona zemljotresima su zonirana; osim intenziteta podrhtavanja tla, posledice zemljotresa zavise i od stepena otpornosti izgrađenih objekata i ostalih predmeta u okruženju; uzrokuju veliku štetu kritičnoj infrastrukturi; izazivaju druge sekundarne opasnosti poput cunamija, nuklearnih katastrofa, požara, eksplozija i pucanja kritične infrastrukture; trajanje podrhtavanja, lokalni uslovi i stepen otpornosti utiču na ozbiljnost posledica zemljotresa.

3. Klasifikacija i skale za merenje jačine zemljotresa

Po načinu nastanka zemljotresi mogu biti prirodni i veštački. U prirodne zemljotrese spadaju: tektonski, vulkanski, urvinski i dubin-

ski. Prirodni se dele na spontane i izazvane. Spontani su oni koji nastaju usled pomeranja litosfernih odnosno tektonskih ploča pa se i zovu tektonski zemljotresi (Đorđević, 2018). U prirodne zemljotrese spadaju (Đerčan i sar., 2009; Đorđević, 2018; Cvetković, 2020):

- Tektonski zemljotresi spadaju u najjače i obuhvataju 90-95% svih potresa. Nastaju oslobađanjem seizmičke energije i najviše degradiraju životnu sredinu. Pre ovih zemljotresa može doći do prethodnih udara koji ih najavljuju, a karakteristično je i da dolazi i do naknadnih potresa (Đerčan i sar., 2009);
- Vulkanski zemljotresi su uslovljeni vulkanskom aktivnošću i kretanje magme uzrokuje potresanje tla. Obično prethode erupciji vulkana, ali se mogu pojaviti i posle erupcije. Prostorno su ograničeni na područja vulkana. Vulkani su izvori velikog broja seizmičkih signala koji se razlikuju od onih nastalih tektonskim zemljotresima. Skoro svakoj zabeleženoj erupciji vulkana prethodilo je povećanje zemljotresne aktivnosti ispod ili u blizini vulkana i praćeno je različitim nivoima seizmičnosti (McNutt & Roman, 2015);
- Urvinski zemljotresi se vezuju za kraške predele i uglavnom su uzrokovani obrušavanjem velikih stenskih masa, svodova u velikim pećinama i podzemnim prostorijama koje karakterišu krečnjaci, gips i druge stene, izazivajući slabe potrese. Ovu vrstu zemljotresa mogu izazvati i meteoriti prilikom udara o površinu Zemlje. Primera radi, takav je bio zemljotres koji se dogodio u Sibiru 1908. godine, i on se osetio na udaljenosti od 5.200 kilometara (Đerčan i sar., 2009);
- Dubinski zemljotresi nastaju na dubinama u unutrašnjosti Zemljine kore.

Veštački zemljotresi nastaju kao proizvod ljudske delatnosti koja proizvodi takve količine energije kojom se narušava životna sredina (Cvetković, 2020; Đorđević, 2018). Iako je teško razaznati da li se radi o prirodnom ili veštačkom zemljotresu, postoje primeri gde je jasno da je zemljotres veštačkog porekla (Mulargia & Bizzarri, 2014). Primera radi, u Indiji je 1967. godine pri punjenju akumulacionog jezera došlo do zemljotresa koji je bio razoran kao i prirodni tektonski (Đarmati i Jakovljević, 1996). U novijoj istoriji, smatra se da je do razornog zemljotresa u Venčuanu 2008. godine u kom je život izgubi-

lo 80000 ljudi, došlo zbog uticaja Zipingpu (Zipingpu) brane (Mulargia & Bizzarri, 2014).

Jedan od najvažnijih ciljeva studija o izvoru zemljotresa jeste razumevanje fizičkih procesa koji se događaju u izvoru zemljotresa, što je detaljnije moguće (Kanamori, 1983). Danas se veličina seizmičkih opasnosti meri pomoću Rihterove (Richter) skale. Nazvana je tako u čast čuvenog seizmologa Čarlsa Rihtera (Charles Richter) koji je u saradnji sa Benom Gutenbergom (Beno Gutenberg) 1935. matematički definisao magnitudu kao energetske meru manifestovanog zemljotresa. Ova skala ima 9 stepeni i nema ni gornju ni donju granicu. Zemljotres magnitude 10 još uvek nije zabeležen (Cvetković, 2020). Magnituda izražava energetske meru zemljotresa u njegovom žarištu.

Veza između magnitude i oslobođene energije je logaritamska, a ne linearna što znači da se sa svakim većim stepenom oslobađa po 10 puta više energije. Primera radi zemljotres magnitude 8 oslobodi deset puta više energije od zemljotresa magnitude 7, a čak hiljadu puta više u odnosu na potres magnitude 5 (Đarmati i Jakovljević, 1996). Danas se koristi i Merkali-Kankani-Zibergova koja je međunarodno priznata 1917. godine i ima 12 stepeni. Ova skala meri intenzitet zemljotresa na površini Zemlje i jasno definiše sve promene koje se događaju među ljudima, životinjama i u prirodi i pruža pretpostavke za procenu nastale štete na objektima. Unesko je prihvatio 1964. godine i Medvedev-Sponhauer-Karnikovu skalu (MSK) koja je takođe podeljena na 12 stepeni (Cvetković, 2020).

4. Posledice zemljotresa

Da bi zemljotres kao prirodna opasnost prerastao u katastrofu neophodno je da budu ispunjeni sledeći uslovi (Cvetković, 2020):

- Dinamika zemljotresa mora biti odgovarajuća tj. smer pukotine se mora pojaviti u smeru od juga ka severu i mora se desiti u noćnim satima jer je u toku dana većina ljudi na poslu, u objektima koji se češće kontrolišu i za koje se primenjuju strožiji građevinski standardi.

- Strukturni integritet objekta je neodgovarajući. Prema statistici, stopa mortaliteta je veća u zimskim mesecima nego u letnjim.
- Došlo je do disfunkcionalnosti medicinskih ustanova i pružanje prve pomoći nije bilo efikasno sprovedeno.
- Sistem zaštite i spasavanja nije blagovremeno reagovao.

U poslednjim decenijama pored porasta broja prirodnih katastrofa, evidentno je i povećanje njihove destruktivnosti, što dovodi i do porasta broja žrtava i materijalne i nematerijalne štete (Cvetković, 2014). Intenzitet katastrofe je u direktnoj korelaciji sa ranjivošću pogođene zajednice, primera radi zemljotres iste jačine će izazvati mnogo više štete u ruralnim, loše izgrađenim naseljima u odnosu na moderna, seizmički projektovana naselja. Da bi se ublažile posledice prirodnih katastrofa moraju se uzeti u obzir fizičke karakteristike katastrofa (Mijalković & Cvetković, 2013):

- Intenzitet – jačina udara
- Vremenska distribucija - tj. trajanje katastrofe, koja može trajati od nekoliko sekundi (zemljotres ili klizište) do nekoliko godina (suša)
- Frekvencija – koliko često dolazi do određene katastrofe određenog intenziteta u određenom vremenskom periodu
- Godišnje doba u kojem se javlja – neke prirodne katastrofe nisu karakteristične za neka godišnja doba
- Prostorna distribucija – distribucija rizika u regionu gde može doći do prirodne katastrofe
- Brzina kojom opasnost prelazi u katastrofu – veoma brzo se dešava u slučaju zemljotresa, a sporo u slučaju suše

Kao što je već napomenuto, zemlje u razvoju trpe najveće posledice zemljotresa. Po podacima Organizacije za ekonomsku saradnju i razvoj, oko 90% žrtava zemljotresa je u zemljama u razvoju zbog lošeg dizajna i gradnje objekata, korupcije u građevinskom sektoru i manjka svesnosti i pripremljenosti (Baytiyeh & Ocal, 2016). U tim zemljama ljudi koji prežive katastrofe su u većem riziku od dobijanja zdravstvenih problema zbog slabe dostupnosti zdravstvenih resursa. Kina, jedna od najvećih zemalja u razvoju se nalazi u regionu sklonom

zemljotresima, i podaci govore da od 1950. godine polovinu svih poginulih od prirodnih katastrofa čine poginuli u zemljotresima (Fu *et al.*, 2019). U Kini je u zemljotresima od 2000. do 2017. godine život izgubilo 488437 ljudi, a ekonomski gubici su iznosili 146 milijardi evra. U ovoj statistici 94,17% svih ljudskih žrtava i 82.82% ekonomskih gubitaka se dogodio u provinciji Sičuan (Yong *et al.*, 2020).

Zemljotres Venčuan, u provinciji Sičuan, magnitude 8 je bio jedan od najgorih, sa velikim posledicama po fizičko i mentalno zdravlje preživelih. Veliki broj istraživanja je sproveden o posledicama zemljotresa Venčuan, uglavnom razdvajajući mentalne probleme od fizičkih. Istraživanje koje su sproveli Vu i saradnici (Wu, Xu, & He, 2014) je pokazalo da od ukupnog broja ispitanika, 40,1% je verovatno iskusilo Posttraumatski stresni poremećaj. Istraživanje o posttraumatskom stresnom poremećaju, nakon zemljotresa 1999. godine u Izmitu, oko 100 kilometara od Istanbula koji je mnoge ljude ostavio bez krova nad glavom, pokazalo je da je 25% ispitanika ispunjavalo kriterijume posttraumatskog stresnog poremećaja (Tural *et al.*, 2004).

Kada su u pitanju ekonomske posledice, imamo primer istraživanja koje su sproveli Rosi i saradnici (Rossi, Holtschoppen, & Butenweg 2019) nakon serije zemljotresa srednjeg intenziteta koji su pogodili regiju Emilija-Romanja u Italiji. Oni ukazuju da su milijarde evra potrošene na rekonstrukciju, a do 2018. godine 1.9 milijardi evra pomoći je pruženo poslovnom sektoru. Da bi raspodela sredstava bila pravedna, napravljena je baza podataka SFINGE, koja je sadržala podatke o gubicima, indukovanim troškovima, naknadama koje su platile osiguravajuće kuće, i pomoć države.

Direktne posledice prirodnih katastrofa su jasne i to su: gubici ljudskih života, gubitak domova, oštećenje infrastrukture i gubitak kapitala. Međutim, tokom vremena sve se manje prate posledice koje su nastale nakon katastrofe, a upravo bi se razumevanjem dugoročnih posledica na ekonomski rast i razvoj mogli bolje analizirati troškovi i kreirati programi finansijske pomoći (Barone & Mocetti, 2014). Baron i Mocetti (Barone & Mocetti, 2014) su sproveli istraživanje o dva zemljotresa koja su se dogodila u Italiji 1976. godine „Friuli“ i 1980.

godine „Irpinia“ zemljotres. Pratili su kretanja bruto domaćeg proizvoda nakon zemljotresa. Rezultati su pokazali da se kratkoročno posledice nisu ispoljile do čega su verovatno doveli programi finansijske pomoći nakon katastrofe. Međutim, 20 godina nakon zemljotresa se pokazalo da je zemljotres doveo do pozitivnog efekta u jednom, a negativnog u drugom slučaju. U Irpiniji, došlo je do povećanja korupcije, umešanosti političara u skandale i smanjenja kapitala. S obzirom na to da je u Irpiniji i pre zemljotresa kvalitet institucija bio lošiji nego u Friuliju, zaključuje se da postojeći ekonomski i socijalni odnosi igraju značajnu ulogu u predviđanju ekonomskih posledica prirodnih katastrofa. Prirodne katastrofe mogu samo da pogoršaju razlike u ekonomskom i socijalnom razvoju.

U pogledu smanjenja destruktivnog delovanja zemljotresa i njegovih posledica ključno je ublažiti i posledice po kritičnu infrastrukturu. Udar zemljotresa je iznenađan, praktično bez ikakvog upozorenja i dovodi do oštećenja na kućama, zgradama, infrastrukturama a posebno mostova, nadvožnjaka, železnica, vodotornjeva, cevovoda i postrojenja za proizvodnju električne energije. Naknadni udari zemljotresa takođe predstavljaju veliku opasnost po već oštećene strukture. Upravo zbog loše projektovane gradnje zgrada i kritične infrastrukture dolazi do velikog broja žrtava, o čemu govori podatak da u zemljotresu 95% svih žrtava život izgubi zbog rušenja zgrada (Mijalković & Cvetković, 2013). Najbolji način odbrane je, svakako, pre same gradnje napraviti dobar dizajn izgradnje koji će biti u stanju da se odupre potpuno ili barem delimično uticaju prirodnih katastrofa (Cvetković, 2014). Zemljotres i cunami koji su se dogodili na Tajlandu 2004. godine značajno su oštetili kritičnu infrastrukturu, mostovi, bolnice i luke su se srušili, i doveli su do kašnjenja u spasavanju i evakuaciji ljudi (Ghobarah *et al.*, 2006).

5. Ublažavanje rizika od katastrofa izazvanih zemljotresom

Ublažavanje rizika od katastrofa izazvanih zemljotresom je neizostavan preduslov blagovremene i efikasne zaštite ljudi i imovine. Jedan od načina za proaktivno delovanje ljudi odnosi se na spoznaju feno-

menoloških i etioloških dimenzija zemljotresa i unapređivanje pripremljenosti zajednica za takve događaje. Pripremljenost za katastrofe predstavlja neprekidni proces procene, planiranja i obuke za sprovođenje koordinisanih planova zaštite i spasavanja (Keeney, 2004). Katastrofe izazvane zemljotresima mogu biti ekstremno skupe i teško mogu biti sprečene. Zbog toga su rizici koji dolaze uz pojavljivanje prirodnih katastrofa konstantno u vrhu prioriteta i briga za kreatore planova i strategija i na nacionalnom i lokalnom nivou, a pogotovo u regionima i državama sklonim prirodnim katastrofama. U vreme opasnosti, nedovoljno pripreme može uvećati štetu u pogledu povreda i smrtnih slučajeva (Onuma, Shin, & Managi, 2017).

Pripremljenost za katastrofe obuhvata mere za predviđanje, sprečavanje i odgovor na katastrofe. Neophodna je međusektorska saradnja da bi se ispunili ciljevi koje je identifikovala Međunarodna federacija društava Crvenog Krsta i Crvenog polumeseca (Keeney, 2004):

- Poboľjšati sisteme za reagovanje u vanrednim situacijama na lokalnom, nacionalnom i međunarodnom nivou kako bi se povećala efikasnost i efektivnost. To uključuje: 1) razvoj sistema ranog upozoravanja i planova evakuacije kako bi se smanjio potencijalni gubitak života i fizička šteta; 2) javno obrazovanje i obuka imenovanih zvaničnika javnog i privatnog sektora; 3) obuka osoblja za reagovanje u vanrednim situacijama; i 4) uspostavljanje politika reagovanja na katastrofe, sa operativnim procedurama, organizacionim sporazumima o saradnji i standardima pružanja usluga.
- Jačanje lokalne pripremljenosti za katastrofe podržavanjem aktivnosti u zajednici. Obrazovanje i pripreme za minimiziranje rizika mogu se sprovoditi putem masovnih medija, školskih programa i sajmovia zdravlja. Pored toga, lokalna spremnost na katastrofe uključuje podučavanje prve pomoći i kardiopulmonalne reanimacije (CPR) članovima zajednice za svakodnevni život i za odgovor na katastrofe.

Dosadašnji razorni zemljotresi su pokazali da se razaranje i gubitak života efektivno mogu smanjiti isključivo kroz povećanje svesnosti i pripremljenosti za katastrofe i programe odgovora (Baytiyeh & Ocal,

2016). Postoji mnogo načina da se smanje rizici koje predstavljaju zemljotresi, uključujući planiranje upotrebe zemljišta kako bi se izbegla područja podložna zemljotresima; inženjerska rešenja (npr. izgradnja zgrada otpornih na zemljotres; inženjerska tla za smanjenje rizika); sistemi upozorenja koji daju nekoliko sekundi upozorenja pre nego što se oseti tresanje tla; i pripremljenost za zemljotres (Becker, Paton, Johnston, & Ronan, 2012). Upotrebom sistema ranog upozoravanja se ne može umanjiti opasnost, ali se mogu umanjiti negativni efekti zemljotresa. Imajući u vidu da čak i u zonama visokog rizika upozorenje o zemljotresu dolazi najviše 10 sekundi pre zemljotresa, neophodno je da sve aktivnosti budu veoma automatizovane i pouzdane. Ipak i tako kratak vremenski period upozorenja predstavlja napredak ka pouzdanijim merama i sistemima (Gasparini, Manfredi, & Zschau, 2011). Pokazalo se da manje posledice od zemljotresa trpe države koje su implementirale stroge zakone o izgradnji objekata, uz poboljšanje postojećih zakona. Primer toga se vidi u posledicama dva vrlo slična zemljotresa koja su se dogodila na Novom Zelandu i Haitiju, magnitude 7, koji je rezultirao bez smrtnih slučajeva na Novom Zelandu dok je na Haitiju bilo 300000 (Shapira, Aharonson-Daniel, & Bar-Dayana, 2018). Rešenja za poboljšanje pripremljenosti se mogu primenjivati na društvenom, nivou lokalne zajednice ili pojedinačnom nivou.

U poboljšanju individualne pripremljenosti, ključnu ulogu igraju obrazovne institucije. U Sendai okviru za smanjenje rizika od katastrofa (2015-2030) obrazovanje je identifikovano kao jedan od ključnih aspekata smanjenja uticaja katastrofa (Aksa, Utaya, Bachri, & Handoyo, 2020). U istraživanju koje su sproveli Bajtijeh i Naja (Baytiyeh & Naja, 2015), dokazano je da na nivo pripremljenosti ispitanika najviše uticaja imaju percepcija rizika i obrazovne institucije. U Japanu su u školama već decenijama uključeni programi o prirodnim katastrofama (Shaw *et al.*, 2004). Dve komponente ovih programa su: pružiti znanje učenicima o prirodnim katastrofama izazvanim zemljotresom, o njihovim uzrocima i posledicama i obezbediti praktične vežbe kako reagovati u slučaju zemljotresa. Pokazalo se da su interaktivne strategije obrazovanja efektnije u odnosu na prosto deljenje materijala i predavanja u cilju poboljšanja pripremljenosti za zemljo-

trese. Kako bi se edukovali studenti na Univerzitetu u Kaliforniji osmišljene su „Sobe za bekstvo“ (escape room) sa temom zemljotresa (Novak, Lozos, & Spear, 2019). Novak i saradnici (Novak *et al.*, 2019) su podelili studente u grupe od 4 do 5 studenata i dobili su zadatak da uz timski rad reše zagonetke u vezi sa zemljotresima pre nego što dođe do zemljotresa koji je simuliran sistemom ranog upozoravanja. Nakon toga su svi studenti prisustvovali predavanju. Ispitivanje koje je sprovedeno nakon toga je pokazalo da im je ovo iskustvo bilo korisno i da povezuju svoja nova saznanja sa interaktivnom sobom i većina učesnika je izrazila namere da nabave ili poboljšaju svoje pakete prve pomoći. Rezultati su pokazali da ovaj vid edukacije ima veliki potencijal u povećanju pripremljenosti.

Pored obrazovanja, na individualnom nivou, često se zagovara pripremljenost domaćinstva, posebno u razvijenim zemljama, kao jedna od komponenti upravljanja rizikom od zemljotresa. Mnogo decenija države sklone zemljotresima poput Sjedinjenih Država, Japana, Novog Zelanda i Turske promovisale su ideju da domaćinstva treba da se pripreme na načine koji olakšavaju ljudima sposobnost da se nose, prilagode i oporave od posledica zemljotresa (Becker *et al.*, 2012). Akcije pripravnosti uključuju sakupljanje neophodnih predmeta za preživljavanje (npr. hranu, vodu, baklje, radio i lekove), izradu plana za postupanje ukućana u slučaju zemljotresa, preduzimanje akcija za ublažavanje zemljotresa, razvijanje veština preživljavanja kod pojedinaca i preduzimanje društvenih akcija povezanih sa pripremljenošću na zemljotres (Becker *et al.*, 2012).

6. Zaključak

Katastrofe izazvane zemljotresima predstavljaju jednu od najstrašnijih i najskupljih prirodnih katastrofa, i predstavljaju realnu i ozbiljnu pretnju infrastrukturi, populaciji, ekonomiji i socijalnim strukturama. Zemljotresi se javljaju u vrlo kratkom vremenskom periodu. Iako su veoma česti, većina je slabijeg intenziteta. Snažniji zemljotresi osim što dovode do velike materijalne štete i negativnih posledica po ljude, mogu da izazovu i druge opasnosti poput poplava, cunamija, vulkanskih erupcija, oslobađanja opasnih materija itd. Učinkoviti napori u

prilagođavanju i suočavanju zemljotresima se suštinski oslanjaju na to u kojoj su meri potrebno znanje, resursi i kompetencije unapred organizovani i da li se koriste brzo i efikasno ako se pojavi potreba. Imajući u vidu katastrofalne posledice do kojih dolazi zbog zemljotresa neophodno je smanjiti rizike: izbegavati gradnju u seizmički ugroženim područjima, izgraditi aseizmički projektovane objekte, osmisliti i implementirati odgovarajući sistem upozorenja koji bi alarmirao stanovnike lokalnih zajednica nekoliko sekundi pre nego što dođe do zemljotresa. Jednu od najznačajnijih nestrukturnih mera predstavlja edukovanje i obučavanje građana kako bi se poboljšala njihova pripremljenost. S obzirom na to da škole igraju ključnu ulogu u obrazovanju učenika, roditelja i nastavnika o prirodnim katastrofama, neophodno je pratiti primere razvijenih zemalja kako bi se kreirali uspešni školski programi o katastrofama.

Reference

1. Aksa, F. I., Utaya, S., Bachri, S., & Handoyo, B. (2020). Investigating the role of geography education in enhancing earthquake preparedness: Evidence from Aceh, Indonesia. *International Journal of GEOMATE*, 19(76), 9-16.
2. Barone, G., & Mocetti, S. (2014). Natural disasters, growth and institutions: A tale of two earthquakes. *Journal of Urban Economics*, 84, 52–66.
3. Baytiyeh, H., & Öcal, A. (2016). High school students' perceptions of earthquake disaster: A comparative study of Lebanon and Turkey. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 18, 56-63.
4. Becker, J. S., Paton, D., Johnston, D. M., & Ronan, K. R. (2012). A model of household preparedness for earthquakes: how individuals make meaning of earthquake information and how this influences preparedness. *Natural hazards*, 64(1), 107-137.
5. Cvetković, V. (2014). Zaštita kritične infrastrukture od posledica prirodnih katastrofa. In Sedma međunarodna znanstveno-stručna konferencija „Dani kriznog upravljanja“. Hrvatska: Velika Gorica (Vol. 22, pp. 1281-1295).

6. Cvetković, V. (2017). Metodologija istraživanja katastrofa i rizika: teorije, koncepti i metode [Disaster and risk research methodology: Theories, concepts and methods]. Belgrade: Zadužbina Andrejević.
7. Cvetković, V. (2020). Upravljanje rizicima u vanrednim situacijama. Beograd: Naučno-stručno društvo za upravljanje rizicima u vanrednim situacijama.
8. Cvetković, V., Milojković, B. i Stojković, D. (2014). Analiza geoprostorne i vremenske distribucije zemljotresa kao prirodnih katastrofa. *Vojno delo*, 2(2014), 166-185.
9. Džolev, I. (2020). Procena rizika od zemljotresa. U: E. Pojani i J. Keçi (Eds.), *Upravljanje rizikom od katastrofa na Zapadnom Balkanu*, (pp.68-88), Novi Sad: Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka.
10. Đarmati, Š. i Jakovljević, V. (1996). *Civilna zaštita u SR Jugoslaviji*. Beograd: Poslovna politika.
11. Đerčan, B., Ristanović, B. i Miljković, Đ. (2009). Pojava zemljotresa i njihov uticaj na preobražaj prostora. U: *Zbornik radova Departmana za geografiju, turizam i hotelijerstvo*, 38/2009 (str. 35-57). Departman za geografiju, turizam i hotelijerstvo.
12. Đorđević, M. (2018). Zemljotresi u 21. veku. *Vojno delo*, 70(2), 253-259.
13. Fernandez, G., Tun, A. M., Okazaki, K., Zaw, S. H., & Kyaw, K. (2018). Factors influencing fire, earthquake, and cyclone risk perception in Yangon, Myanmar. *International journal of disaster risk reduction*, 28, 140-149.
14. Fu, M., Guo, J., Qu, Z., Han, Z., Wang, S., & He, H. (2019). Long-Term Health Consequences Among Wenchuan Earthquake Adult Survivors. *The Journal of Nervous and Mental Disease*, 207(10), 884–892.
15. Gasparini, P., Manfredi, G., & Zschau, J. (2011). Earthquake early warning as a tool for improving society's resilience and crisis response. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 31(2), 267-270.
16. Ghobarah, A., Saatcioglu, M., & Nistor, I. (2006). The impact of the 26 December 2004 earthquake and tsunami on structures and infrastructure. *Engineering structures*, 28(2), 312-326.

17. Gilbert, C. (1995). Studying disaster: a review of the main conceptual tools. *International Journal of Mass Emergencies and Disasters*, 13(3), 231-240.
18. Goyal, N. (2019). Disaster Governance and Community Resilience: The Law and the Role of SDMAs. *International Journal of Disaster Risk Management*, 1(2), 61-75.
19. Jakovljević, V., Cvetković, V. I Gačić, J. (2015): Prirodne katastrofe i obrazovanje. Beograd: Univerzitet u Beogradu, Fakultet bezbednosti.
20. Kanamori, H. (1983). Magnitude scale and quantification of earthquakes. *Tectonophysics*, 93(3-4), 185-199.
21. Keeney, G. B. (2004). Disaster preparedness: what do we do now?. *Journal of midwifery & women's health*, 49(4), 2-6.
22. 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.
23. McNutt, S. R., & Roman, D. C. (2015). Volcanic seismicity. In *The Encyclopedia of Volcanoes* (pp. 1011-1034). Academic Press.
24. Mijalković, S., & Cvetković, V. (2013). Vulnerability of critical infrastructure by natural disasters. In: Z. Keković, D. Čaleta, Ž. Kešetović, & Z. Jeftić (Eds.), *National critical infrastructure protection, regional perspective* (pp. 91-102), Belgrade: University of Belgrade, Faculty of Security Studies.
25. Mulargia, F., & Bizzarri, A. (2014). Anthropogenic triggering of large earthquakes. *Scientific reports*, 4(1), 1-7.
26. Novak, J., Lozos, J. C., & Spear, S. E. (2019). Development of an interactive escape room intervention to educate college students about earthquake preparedness. *Natural Hazards Review*, 20(1), 06018001.
27. Olawuni, P., Olowoporoku, O., & Daramola, O. (2020). Determinants of Residents' Participation in Disaster Risk Management in Lagos Metropolis Nigeria. *International Journal of Disaster Risk Management*, 2(2), 1-19.
28. Onuma, H., Shin, K. J., & Managi, S. (2017). Household preparedness for natural disasters: Impact of disaster experience and

implications for future disaster risks in Japan. *International journal of disaster risk reduction*, 21, 148-158.

29. Pojani, E. (2020). Katastrofalni događaju, siromaštvo i razvoj. U: E. Pojani i J. Keçi (Eds.), *Upravljanje rizikom od katastrofa na Zapadnom Balkanu*, (pp. 12-22), Novi Sad: Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka.

30. Rico, G. (2019). School-Community Collaboration: Disaster Preparedness towards Building Resilient Communities. *International Journal of Disaster Risk Management*, 1(2), 45-61.

31. Rossi, L., Holtschoppen, B., & Butenweg, C. (2019). Official data on the economic consequences of the 2012 Emilia-Romagna earthquake: a first analysis of database SFINGE. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 17(9), 4855-4884.

32. Shapira, S., Aharonson-Daniel, L., & Bar-Dayana, Y. (2018). Anticipated behavioral response patterns to an earthquake: The role of personal and household characteristics, risk perception, previous experience and preparedness. *International journal of disaster risk reduction*, 31, 1-8.

33. Shaw, R., Kobayashi, K. S. H., & Kobayashi, M. (2004). Linking experience, education, perception and earthquake preparedness. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*.

34. Tekeli-Yeşil, S., Dedeoğlu, N., Tanner, M., Braun-Fahrlaender, C., & Obrist, B. (2010). Individual preparedness and mitigation actions for a predicted earthquake in Istanbul. *Disasters*, 34(4), 910-930.

35. Tural, Ü., Coşkun, B., Önder, E., Çorapçioğlu, A., Yildiz, M., Kesepara, C., ... & Aybar, G. (2004). Psychological consequences of the 1999 earthquake in Turkey. *Journal of Traumatic Stress: Official Publication of The International Society for Traumatic Stress Studies*, 17(6), 451-459.

36. Wu, Z., Xu, J., & He, L. (2014). Psychological consequences and associated risk factors among adult survivors of the 2008 Wenchuan earthquake. *BMC psychiatry*, 14(1), 1-11.

37. Yong, Z., Zhuang, L., Liu, Y., Deng, X., & Xu, D. (2020). Differences in the disaster-preparedness behaviors of the general public and professionals: evidence from Sichuan Province, China. *International journal of environmental research and public health*, 17(14), 5254.

PHENOMENOLOGICAL AND ETIOLOGICAL DIMENSIONS OF EARTHQUAKE DISASTERS

Jelena Planić

Scientific-Professional Society for Disaster Risk Management, Dimitrija
Tucovića 121, Belgrade, Serbia;
International Institute for Disaster Research, Dimitrija Tucovića 121,
Belgrade, Serbia

Vladimir M. Cvetković

Faculty of Security Studies, University of Belgrade;
Scientific-Professional Society for Disaster Risk Management, Dimitrija
Tucovića 121, Belgrade, Serbia;
International Institute for Disaster Research, Dimitrija Tucovića 121,
Belgrade, Serbia

Abstract: Natural disasters have become a part of the everyday life of modern man, and their occurrences are more frequent and intense due to climate change. Due to their unpredictability, earthquakes are one of the most terrible and expensive natural disasters. The authors in this paper, using a review of the literature, present the basic characteristics of earthquakes as natural disasters, as well as the importance of preparedness in response to natural disasters. The basic elements of earthquakes, classification, scales for measuring the strength of earthquakes, and the consequences caused by earthquakes are presented. Given that disaster preparedness at the level of the individual, community and society is an effective tool in reducing the risk of disasters and mitigating their consequences, this paper pays special attention to methods that improve preparedness. Using numerous scientific papers, the experiences of many countries are presented, whose examples need to be followed in order to properly design and implement strategies for mitigating the consequences of natural disasters, and education programs for citizens.

Keywords: natural disasters, earthquakes, preparedness, consequences.