

## PROAKTIVNE MERE ZAŠTITE OD ZEMLJOTRESA PROACTIVE MEASURES IN CASE OF EARTHQUAKE

Aleksandar Savić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – UPRAVLJANJE RIZIKOM OD KATASTROFALNIH DOGAĐAJA I POŽARA

**Kratak sadržaj** – U ovom radu je definisan zemljotres kao prirodni hazard kao i proaktivne mere koje se mogu primeniti u cilju smanjenja njegovog štetnog delovanja. Detaljnije su analizirani zemljotresi sličnih magnituda u zonama istraživanja koje čine teritorije Srbije, Italije i Japana, kao i primena proaktivnih mera u zonama istraživanja. Cilj ovog rada je određivanje značaja proaktivnog delovanja u slučaju zemljotresa.

**Ključne reči:** Zemljotres, Štetni efekti zemljotresa, Proaktivne mere zaštite.

**Abstract** – This paper gives definition of an earthquake as a natural hazard, and proactive measures that can be applied to reduce the consequences of its impact. Earthquakes of similar magnitude in the zones of research, which constitutes of Serbia, Italy and Japan are analysed in detail, so is the application of proactive measures in the zones of research. The goal of this research is to analyse the significance of proactive measures in the earthquake scenario.

**Keywords:** Earthquake, Consequences of earthquake, proactive security measures.

### 1. UVOD

Katastrofe su događaji koji ne poznaju granice, oni prete lokalnoj zajednici, ali i čitavom svetu. Rizik od događaja sa katastrofalnim posledicama predstavlja pojedinačnu opasnost koja prete imovini ili relativno velikom broju ljudi. Razvoj u svim sferama nikada nije neutralan u odnosu na katastrofe, on kreira, pojačava ili smanjuje rizik. Nove tehnologije neminovno donose i nove rizike za čovečanstvo [1].

U radu je detaljno opisan zemljotres kao prirodni hazard, posledice nastupanja zemljotresa i proaktivne mere koje se mogu primeniti, u cilju redukcije posledica realizacije istog. Glavna karakteristika zemljotresa jeste uništavanje konstrukcija i njihovo urušavanje, što predstavlja glavnu pretnju po ljudske živote, jer sam zemljotres kao pojava nije smrtonosan. U radu su analizirane posledice nastupanja tri zemljotresa koji su po intezitetu vrlo slični. Prvi je zemljotres koji je pogodio Kraljevo 2010. godine i načinio veliku materijalnu štetu. Sledi zemljotres Finale Emilia, koji je po magnitudi sličan zemljotresu u Kraljevu, a koji se dogodio 2012. godine u Italiji, i koji je takođe

načinio veliku materijalnu štetu. Treći analizirani događaj je zemljotres koji je pogodio Osaku 2018. godine. Nakon analize posledica pristupljeno je analizi proaktivnih mera zaštite koje su nastale u zoni istraživanja.

### 2. ZEMLJOTRES KAO KATASTROFALNI DOGAĐAJ

Zemljotres (potres, trus) nastaje prilikom pomeranja tektonskih ploča, kretanja Zemljine kore ili pojave udara a kao posledica se javlja podrhtavanje Zemljine kore usled oslobađanja velike energije.

#### 2.1. Vrste zemljotresa

Prema načinu nastanka razlikujemo dve osnovne vrste zemljotresa: prirodne i veštačke. U prirodne zemljotrese spadaju [2]:

- Tektonski - predstavljaju najznačajniju i apsolutno dominantnu vrstu zemljotresa. Nastaju u procesu iznenadnog loma stenske mase pod dejstvom velikih pritisaka u stenama koji su akumulirani u široj zoni fokusa zemljotresa.
- Urvinski - nastaju urušavanjem podzemnih prećina, usled erozivnih procesa podzemnih voda.
- Vulkanski - nastaju u vulkanskim zonama kao posledica mehaničkog dejstva magme pri kretanju kroz vulkanske kanale i pri erupciji.

Veštački zemljotresi nastaju kao posledica čovekovog dejstva na prirodu. Najčešći primer takvog zemljotresa je takozvani indukovani zemljotres u zonama veštačkih akumulacionih jezera, gde usled dejstva hidrostatičkog pritiska vodenog stuba dolazi do promene naponskog stanja na dnu i bokovima akumulacije [2].

#### 2.2. Prekursori zemljotresa

Većina jakih zemljotresa je praćena prethodnim manifestovanjem specifičnih prirodnih fenomena, odnosno prekursora. Ovi fenomeni se izražavaju neposredno pred pojavu glavnog zemljotresa u seriji (obično nekoliko sati ali i znatno ranije - nekoliko dana pa i meseci) [2].

Razlozi manifestacije raznih geofizičkih i geoloških fenomena u fazi pripreme zemljotresa vezani su za proces akumuliranja naponskog polja najčešće kao posledice bočnih tektonskih pritisaka u Zemljinoj kori [2].

Među najznačajnije prekursore spadaju [2]:

- ✓ promena brzine seizmičkih talasa zbog izmene gustine stenskih masa usled promene unutrašnje strukture stena;
- ✓ smanjenje električne otpornosti tla - zbog pojave mikropukotina u stenama, promene poroznosti tla, sadržaja vode i sl.;

### NAPOMENA:

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Đorđe Čosić, van. prof.**

- ✓ fluktuacija gravitacionog i geomagnetskog polja u regionu - zbog promene gustine stena i drugih fizičkih svojstava u fazi pripreme zemljotresa;
- ✓ pojava "rojeva" manjih i većih zemljotresa u periodu od nekoliko dana pre glavnog zemljotresa;
- ✓ emisija elektromagnetskih zračenja u širokom dijapazonu frekvencija;
- ✓ pojava podzemnih (tzv. telurskih) električnih struja u tlu;
- ✓ pojava elektrostatičkih naelektrisanja i pražnjenja elektriciteta iz tla u obliku svetlosnog isejavanja (vidljivog u toku noći);
- ✓ povećana emanacija (oslobađanje) gasa radona iz tla i vode;
- ✓ nagle promene nivoa podzemne vode (oscilovanje vode u bunarima, promena izdašnosti izvora i sl.);
- ✓ lagano izdizanje ili spuštanje delova tla u zoni budućeg raseda (epicentralno područje), male promene nagiba terena itd.

### 2.3. Merni instrumenti i merenje inteziteta zemljotresa

Osnovne vrste seizmoloških instrumenata su [2]:

1. Seizmografi: Najosnovniji seizmološki instrument pomoću kojeg se mehanički efekat seizmičkih talasa zemljotresa u tlu pretvara u elektromagnetski indukovani napon, koji se nakon pojačavanja pretvara registruje na recorderu u vidu grafičkog zapisa – seizmograma ili digitalnog zapisa koji se dalje obrađuje na računaru. Može registrovati veličinu pomaka tla ili, danas češće, brzinu oscilovanja tla.
2. Akcelograf: Inženjersko-seizmološki instrument, po konstrukciji sličan seizmografu, ali za razliku od seizmografa on registruje ubrzanje oscilovanja tla, izazvano seizmičkim talasima.
3. Seizmoskop: Registrovuje dinamički odgovor hipotetičkih građevinskih objekata u zonama jakih bliskih zemljotresa.

Rihterova skala magnitude potresa, poznata i kao skala lokalne magnitude, koristi se kao mera količine oslobođene energije u hipocentru, prilikom nastanka zemljotresa [2].

Merkalijeva skala ima klasifikaciju snage od 1 do 12 opisujući na svakom stepenu kako se ponašaju kuće, zgrade i ljudi. Jedan evidentni problem kod Merkalijeve skale je taj što je oslonjen samo na subjektivni osećaj ljudi [2].

### 3. PROAKTIVNE MERE ZAŠTITE OD ZEMLJOTRESA

Zemljotresi su se dešavali i u prošlosti, ali velika razlika u odnosu na današnje vreme jeste masovna izgrađenost u zoni intezivne seizmičke aktivnosti, što predstavlja veoma visok rizik. Takođe, potrebe ljudi za ekstremnim objektima, zgradama visine i do 1.000 metara kao i mostovima od 1.000 metara čistog raspona, zgrade izgrađene na veštačkom tlu stvorenom na delu mora su sve veći. Iz tih razloga, potreba za proaktivnim delovanjem zaštite od zemljotresa je veoma važna, a mere koje se preduzimaju su: aseizmičko projektovanje i ojačanje postojećih objekata u cilju smanjenje oštećenja usled zemljotresa, osiguranje, uspostavljanje pravnih vlasti i odgovornosti, razvoj procene ugroženosti, obuka i edukacija stanovništva i organizacija akcija spasavanja tokom zemljotresa [3].

### 3.1. Prevencija i ublažavanje

Prevencija i ublažavanje predstavlja osnovu upravljanja rizikom zbog toga što se sprovodi pre nego što će se katastrofa desiti.

Ciljevi prevencije i ublažavanja rizika su [4]:

- Smanjenje verovatnoće rizika;
- Smanjenje posledica rizika;
- Izbegavanje rizika;
- Prihvatanje rizika;
- Transfer i raspodela rizika.

Mere prevencije i ublažavanja koje se sprovode kod zaštite od zemljotresa su: projektovanje seizmički otpornih konstrukcija (aseizmičko projektovanje), instaliranje seizmičke izolacije kao i ojačavanje postojećih objekata i osiguranje od štetnih efekata zemljotresa.

### 3.2. Pripremljenost kod zemljotresa

Pripremljenost predstavlja aktivnost koja se realizuje pre nastupanja katastrofalnog događaja kao na primer pravovremeno reagovanje u cilju efikasnog oporavka od nastalih posledica. U pripremljenosti spada: uspostavljanje pravnih vlasti i odgovornosti, izrada mape hazarda, skladištenje hrane za vanredne situacije, sistem ranog upozoravanja, nivo opreme i mehanizacije u slučaju hazarda, edukacija javnosti, obuka i slično [4].

## 4. ANALIZA POSLEDICA ZEMLJOTRESA U ZONI ISTRAŽIVANJA

Zonu istraživanja čine Republika Srbija, Italija i Japan. Zemljotresi koji su predmet analize su sličnih inteziteta.

### 4.1. Posledice zemljotresa u Kraljevu 2010. godine

Region Republike Srbije se ne nalazi na trusnom području, odnosno zemljotresi inteziteta do 6 stepeni Rihterove skale se relativno retko dešava. Pored toga, veliki broj objekata predstavlja stara gradnja, čija seizmična otpornost nije povećana, što predstavlja veliku opasnost od urušavanja. Tako je zemljotres koji je pogodio Kraljevo 2010. godine sa magnitudom od 5,4 stepena Rihterove skale izazvao oštećenja na oko 16.000 kuća i 8.500 stanova, 33 škola, nekoliko stotina privrednih objekata a onesposobljeno je 450 od 650 trafo stanica, a materijalna šteta samo za individualne stambene objekte je procenjena na oko 2,5 milijarde dinara. Poginule se 2 osobe, a 180 njih je povređeno.

### 4.2. Posledice zemljotresa Finale Emilia 2012. godine

Italija je sa pogleda seizmičnosti dosta ugroženija jer se nalazi na relativno trusnom području pa se zemljotresi magnituda 6 stepeni neretko dešavaju. Što se tiče proaktivnog delovanja i preventive, u fazi je unapređenje mera Nacionalnim projektom. U zemljotresu Finale Emilia, magnitude 5,9 stepeni koji se dogodio 20. maja 2012. godine poginulo je 7 ljudi, 4 direktno od zemljotresa a 3 od srčanog udara, 50 njih je povređeno, dok je 6.000 ljudi raseljeno, odnosno ostalo bez svog smeštaja. Zemljotres je izazvao materijalnu štetu od 400-500 miliona evra. U zemljotresu koji se dogodio 29. maja poginulo je 17 ljudi, 350 njih je povređeno a 9.000 ljudi je dodatno raseljeno. Materijalna šteta je procenjena na preko 500 miliona evra.

### 4.3. Posledice zemljotresa u Osaki 2018. godine

Zemljotres u Japanu je česta, skoro svakodnevna, pojava kao i jaki zemljotresi koji premašuju 7 stepeni Rihterove skale.

Upravo iz tog razloga, Japan ulaže ogromna sredstva u proaktivno delovanje i prevenciju, što ima rezultata, jer su posledice i broj žrtava sveli na minimalnu vrednost. Tako je zemljotres u Osaki magnitude 6,1 stepeni Rihterove skale izazvao je oštećenja na 6.766 objekata, 1.000 škola je zatvoreno zbog nekog oštećenja, 170.000 domaćinstava je ostalo bez električne energije koja je ubrzo normalizovana, 112.000 je ostalo bez gasa na nekoliko dana. U ovom zemljotresu poginulo je 5 ljudi. Materijalna šteta se procenjuje između 100 miliona i 1 milijarde dolara.

## 5. ANALIZA PROAKIVNIH MERA ZAŠTITE OD ZEMLJOTRESA U ZONI ISTRAŽVANJA

### 5.1. Proaktivne mere zaštite u Republici Srbiji

Proaktivne mere koje su zastupljene u Srbiji i koje su detaljnije opisane u radu su: propisi za aseizmičko projektovanje i ojačavanje postojećih objekata, osiguranje od opasnosti od zemljotresa, priručnik za edukaciju stnovništva kao i seizmološke stanice i izrada seizmičkih mapa hazarda.

Propisi koji definišu način gradnje u seizmičkim oblastima pojavili su se početkom XX veka u razvijenim zemljama, dok su 1964. godine doneti prvi propisi u Jugoslaviji nakon zemljotresa koji je pogodio Skoplje 1963. godine.

Te propise je zamenio „Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim oblastima“ koji je donet 1981. godine, a odnosi se za područja VII, VIII i IX stepena seizmičkog inteziteta po MCS (Merkalijevoj) skali [3].

Porodični priručnik za ponašanje u slučaju katastrofe je idrađen od strane MUP-a i Sektora za vanredne situacije republike Srbije, gde je na slikovit način prikazano pravilno postupanje u slučaju realizovanja neke od katastrofa (zemljotresi, poplave, požari itd.).

Osiguranjem od opasnosti zemljotresa, pruža se osiguravajuća zaštita od razornog dejstva zemljotresa, koji svojom rušilačkom snagom oštećuje ili uništava osigurane stvari. S obzirom da glavnom zemljotresu prethodi neodređen broj slabijih udara, kao i da posle glavnog udara sledi faza smirivanja tla, osiguravači su morali da vremenski ograniče taj štetni događaj kako bi mogli da kvantifikuju štete prouzrokovane ovim rizikom.

Zato je uslovima osiguranja predviđeno da se osiguranjem pokrivaju štete nastale usled prethodnih, glavnog i naknadnih udara u periodu od 72 uzastopna časa, računajući od početka potresanja tla. Zemljotres mora biti seizmografski registrovan [5].

Na teritoriji Republike Srbije postoji 24 seizmološke stanice, dok je u Beogradu instaliran centralni aktivizacioni sistem i na njemu je uspostavljeno automatsko prikupljanje podataka i lociranje zemljotresa. Seizmogrami i automatski locirani zemljotresi publikuju se na internet. Republički seizmološki zavod je izradio mapu seizmičkog hazarda za povratni period od 975 godina [6].

### 5.2. Proaktivne mere zaštite u Italiji

U širem smilu, ublažavanje seizmičkog rizika zahteva različite i paralelne aktivnosti delovanja, koje se mogu opisati kao: Poboljšanje znanja, Smanjenje ugoženosti i izloženosti, Ublažavanje efekta [5].

Uprkos velikim očekivanim gubicima, prevencija zemljotresa je bila veoma teško otvariva, jer iziskuje velika novčana ulaganja ali, se situacija promenila nakon razarajućih zemljotresa koji su se dogodili 1980. godine (zemljotres Irpinia), 1990. godine (zemljotres u istočnoj Siciliji), 1997. godine (zemljotres Umbria/Marche) kada su primenjene mere ublažavanja zemljotresa koje su se uglavnom sastojale u poboljšanju propisa i klasifikacije seizmičnosti. Donešen je Nacionalni program za prevenciju zemljotresa za period 2010-2016.

Filosofija Nacionalnog programa za prevenciju zemljotresa je baziran na [7]:

- ✚ Prioritetu smanjivanja ljudskih žrtava, pre nego smanjivanje ekonomske štete;
- ✚ Suočavanju problema širokog spektra, zatim skretanju pažnje privatnim vlasnicima i administratorima na različite probleme seizmičkog rizika (ranjivost objekata, značaj lokalnog pojačavanja i koseizmičkih efekata i korišćenje studija mikrozonacije u cilju poboljšanja urbanog planiranja i planiranja u slučaju vanredne situacije, ispravno implementiranje planova civilne zaštite s obzirom na ranjivost strateških elemenata i povezanih puteva);
- ✚ Traženju sufinansiranja od strane lokalne uprave i privatnika, kako bi se bar duplirali stvarni efekti izdvojenog fonda države.

### 5.3. Proaktivne mere zaštite u Japanu

Neke od mera proaktivnog delovanja koje su a snazi u Japanu su: osiguranje, Osnovni akt mera zaštite, Akt specijalnih mera zaštite od zemljotresa, kao i mere zaštite od razarajućih zemljotresa velikog inteziteta. Osnovni akt mera zaštite određuje generalni okvir za upravljanje rizikom kako bi mere bile organizovane i implementirane kao integralno i dobro isplanirano reagovanje, Akt posebnih mera zaštite ohrabruje Vlade na lokalnom nivou da grade i/ili unapređuju postrojenja visokog rizika, dok akt mera zaštite razarajućih zemljotresa razmatra i formuliše mere za svaku situaciju posebno.

Takođe, mere koje su na snazi u Japanu su: mere za evakuisane i zarobljene, sistem ranog upozorenja, IT sistem razvijen za procenu štete koristeći već postojeće podatke prethodnih iskustava ili trenutne podatke zemljotresa it ok deljenja informacija i unapređenje istog [8].

## 6. ZAKLJUČAK

Do danas, nauka je uspela u mnogome da odgonetne misterije zemljotresa, ali glavna tajna je još uvek nepoznata. Pretkazati zemljotres znači u svakom trenutku imati odgovor na tri pitanja: gde se očekuje zemljotres, kog inteziteta će biti kao i kada će se desiti. Obrađivanjem ovih nedoumica, nauka je uspela da stvori mapu tektonskih ploča i prepozna žarišna mesta ugrožena od zemljotresa.

Što se tiče inteziteta, koristeći statističke podatke iz prošlosti delimično znamo koja magnituda se može očekivati na određenoj lokaciji, ali najvažnije pitanje još uvek nismo u stanju da razrešimo, a to je kada će se zemljotres desiti. Kao i u svim sferama društva, i u pogledu razumevanja zemljotresa, nauka se neprestano razvija i bez sumnje će se u nekom trenutku u budućnosti desiti i njegovo predviđanje.

Zakonska regulativa za aseizmičko projektovanje u Republici Srbiji postoji, kao i ojačavanje postojećih objekata, ali se ne primenjuje onako kako bi trebalo, prvenstveno za starije objekte koji su građeni u vreme kada nije postojala zakonska regulativa aseizmičkog projektovanja. Takođe osiguranje od opasnosti zemljotresa nije eksplicitno određeno samo za zemljotrese (zemljotres spada u dopunske rizike), ali umnogome može pomoći u oporavku. Međutim jako mali broj građana osigurava svoju imovinu, ili iz neznanja ili zbog finansijske situacije.

U Italiji je na snazi primena Nacionalnog plana zaštite od zemljotresa koji će doneti velike promene na ovom polju delovanja. Takvi planovi zahtevaju velika finansijska sredstva, ali kada se upoređi sa štetom nastalom usled zemljotresa, možemo zaključiti da se na duži vremenski period isplati.

Visok nivo proaktivnog delovanja u Japanu je pomogao da se nakon razarajućeg zemljotresa, pogođena regija vrati u prvobitno stanje u jako kratkom vremenskom roku. Razlog efikasnog delovanja jeste upravo svest i edukacija građana o postupanju u slučaju zemljotresa. Samo sa ovim stepenom proaktivnog delovanja Japan odoleva svakodnevnim uticajima zemljotresa.

Iz analize ova tri slučaja zemljotresa možemo zaključiti da su mere proaktivnog delovanja od presudnog značaja u smanjenju posledica realizacije zemljotresa. Edukacija stanovništva da pravovremeno i efikasno reaguju u slučaju zemljotresa takođe predstavlja jako bitan faktor. Dakle, važno je ulagati i vreme i novčana sredstva kako bi se poboljšale mere proaktivnog delovanja.

## 7. LITERATURA

- [1] M. Kerkez i I. Ivanović “Katastrofalni rizici i osiguranje”, <http://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/1820-3159/2016/1820-31591602017K.pdf> (pristupljeno u septembru 2018.)
- [2] B. Glavatović, “Seizmologija” skripta, Beogradskog Univerziteta, 2002.
- [3] D.T. Turnić, “Mere za smanjenje seizmičkog rizika kod zgrada”
- [4] Materijal za predmet “Elementi ciklusa katastrofalnih događaja”, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, 2016
- [5] S. Jovanović, “Pravni aspekti osiguranja od elementarnih nepogoda”
- [6] Republički seizmološki zavod Republike Srbije
- [7] <http://www.civil.ist.utl.pt/~mlopes/conteudos/SISMO S/DOLCE.pdf> (pristupljeno u septembru 2018.)
- [8] K. Ikeuchi i M. Waga, “Earthquake Disaster Management in Japan” [https://www.pwri.go.jp/eng/ujnr/joint/41/paper/17\\_Ikeuchi.pdf](https://www.pwri.go.jp/eng/ujnr/joint/41/paper/17_Ikeuchi.pdf) (pristupljeno u septembru 2018.)

### Kratka biografija:

**Aleksandar Savić** rođen je u Šapcu 1994. godine. Diplomski rad je odbranio 2017.god na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu iz oblasti Upravljanja rizikom od katastrofalnih događaja i požara, a master rad iz iste oblasti odbranio je 2018. godine.