

## ZAŠTITA KRITIČNE INFRASTRUKTURE OD POSLEDICA PRIRODNIH KATASTROFA

Vladimir Cvetković, MSc

Kriminalističko-policijska akademija, Beograd, R. Srbija

### Sažetak

*Zaštita kritične infrastrukture je jedna od značajnih mera ublažavanja posledica prirodnih katastrofa. Kao takva, prepoznata je kao osnova održavanja funkcionalnosti društvene zajednice u vanrednim situacijama. Slobodno se može reći da je glavni cilj zaštite kritične infrastrukture od uticaja prirodnih katastrofa održavanje kontinuiteta u njenom funkcionisanju. Naime, smanjenje uticaja prirodnih katastrofa na ljude i kritičnu infrastrukturu obuhvata intervencije sa ciljem sprečavanja ili smanjivanja mogućnosti fizičkog ugrožavanja i socijalnog remećenja. Pri tome, postoje dva dominantna tipa smanjenja uticaja prirodnih katastrofa, strukturalno i nestrukturalno. Strukturalno smanjenje podrazumeva dizajniranje, konstruisanje, održavanje i renoviranje fizičkih struktura i infrastruktura kako bi se oduprli fizičkim silama i udarima prirodnih katastrofa, dok nestrukturalna smanjenja obuhvataju napore za smanjenje izloženosti ljudske populacije, fizičkih struktura i infrastruktura uslovima opasnosti. Pristupi nestrukturalnog smanjenja uključuju zakonski donete urbanističke mere koje uzimaju u obzir moguće udare katastrofa; regulisanje razvoja u zonama visoke opasnosti kao što su tereni pod nagibom koji su skloni klizištima i priobalne zone kao meta olujnih talasa; i čak u nekim slučajevima otkup i izmeštanje zajednica ili delova zajednica. Upravo stoga, u radu autor analizira mogućnosti zaštite kritične infrastrukture od direktnih/indirektnih posledica prirodnih katastrofa, sa posebnim osvrtom na strukturalne i nestrukturalne mere njihove zaštite. Takođe, posebna pažnja se posvećuje fenomenološkoj strukturi i posledicama različitih vrsta prirodnih katastrofa po kritičnu infrastrukturu.*

Ključne riječi: kritična infrastruktura, prirodne katastrofe, posledice ugrožavanja kritične infrastrukture, zaštita kritične infrastrukture, bezbednost, vanredne situacije

### Uvod

Katastrofe su prirodni i ljudski izazvani događaji koji imaju negativan utjecaj na zajednicu, regiju ili državu. Događaji povezani sa katastrofom mogu prevladati resurse odgovora i imati opasne ekonomske, socijalne ili ekološke utjecaje. Posljednjih desetljeća nije evidentan samo trend povećanja broja, nego je prisutno i povećanje njihove destruktivnosti (Mijalković i Cvetković, 2013:93). To za posledicu ima i povećane ljudske gubitke, materijalnu i nematerijalnu štetu. Predstavljajući događaje koji imaju veliki i tragični utjecaj po društvo, prirodne katastrofe narušavaju uobičajene načine života, ometaju ekonomske, kulturne, a ponekad i političke uvjete života. Kao takve, usporavaju razvoj zajednice i zahtijevaju poduzimanje posebnih mjera od strane interventno-spasilačkih službi u izvanrednim situacijama (Cvetković, 2013:9). Slobodno se može reći da prirodne katastrofe predstavljaju posljedice međusobnih utjecaja prirodnih događaja (geofizički procesi i ostale procesi u prirodi) i ljudskih sustava (društveno - ekonomskih, kulturnih i fizičkih) (Mlađan i Cvetković, 2013:106). Konkretnije, do njih dolazi uslijed utjecaja prirodnih opasnosti na ljudske živote, imovinu, kritičnu infrastrukturu i prirodne resurse. Prirodne katastrofe su načelno polimorfnog karaktera (dvije pojave istog porijekla i intenziteta najčešće stvaraju različite ukupne posljedice), prati ih fenomen paralelizma (pogađaju samo određene geoprostorne zone u kojima bitno mijenjaju uvjete života i okoliša) i specifičnih, najčešće masovnih posljedica (socijalne,

zdravstvene, materijalne i ekološke (Jakovljević i Djarmati, 1998:35).

Utjecaji prirodnih katastrofa na kritičnu infrastrukturu mogu se sagledati kroz razumijevanje fizičkih karakteristika prirodnih katastrofa, odnosno destruktivnosti koju determiniraju rušilačka snaga i mogućnost rasprostiranja na teritoriju (Mijalković i Cvetković, 2013:96). Intenzitet katastrofa je u čvrstoj korelaciji s ugroženošću (ranjivošću) pogođene zajednice (npr., potres određene jačine neće pričiniti istu štetu nad seoskim naseljem s trošnim zemljanim kućama i nad naseljem sa modernim betonskim višekatnicama). Sagledavanje fizičkih karakteristika prirodnih katastrofa je značajno zbog ublažavanja posljedica različitih prirodnih katastrofa po ljude i njihovu imovinu, kao što je i kritična infrastruktura. Također, razumijevanje poboljšava odgovor na katastrofu, pomaže identificirati sličnosti, izvrši generalizacija karakteristika prirodnih katastrofa i osigurati kvalitetna praksa upravljanja u izvanrednim situacijama (Tobin i Montz, 2007:550). Takvih karakteristika je više: intenzitet, odnosno snaga ili sila događaja. Generalno, opasnosti velikih intenziteta su ogroman potencijal za izazivanje destruktivnih posljedica na ljude i na njihova materijalna dobra, što je i kritična infrastruktura. Mogućnost mjerenja intenziteta prirodnih katastrofa omogućuje usporedbu (komparaciju) prirodnih katastrofa u vremenu i prostoru. Međutim, često nije moguća izravna i apsolutna komparacija. Na primjer, poplava visokog intenziteta na malom geografskom području može prouzročiti ograničenu štetu na kritičnoj infrastrukturi jer takve strukture na tom prostoru gotovo i da nema, dok poplava niskog intenziteta koja zahvaća široko područje može prozrokovati velike materijalne štete na kritičnim infrastrukturama, jer su one osjetljive i razvijene (Edward, 2005:34); vremenska rasprostranjenost je trajanje prirodne katastrofe. Može trajati nekoliko sekundi (potres ili klizište), sati ili dana (čest je slučaj s tornadom ili uraganom) ili tjedana, odnosno mjeseci (u slučaju poplave rijeke), nekoliko godina (suša). U skladu s tim, postojaće nedvosmislena korelacija između trajanja prirodnih katastrofa i posljedica po kritičnu infrastrukturu. Pogotovu, starije i već oštećenje infrastrukture neće dugo moći izdržati negativne fizičke utjecaje samih prirodnih katastrofa; učestalost, kojom se opisuje koliko često jedan događaj s određenim intenzitetom pogađa područje u određenom vremenskom razdoblju (Bimal, 2011:34). To može biti izraženo uz pomoć termina kao što su „čest“ odnosno „rijedak“, ili u terminu „razdoblje povratka“, što je vrijeme koje je proteklo između dva događaja istog intenziteta. Učestalost opasnih događaja se procjenjuje tijekom pažljivog ispitivanja i analize povijesnih snimaka i korištenja takvih informacija za modele predviđanja. Kritična infrastruktura je mnogo ugroženija čestim prirodnim katastrofama, jer one u kontinuitetu, s malim ili visokim intenzitetom, polako ali sigurno, narušavaju njene funkcionalnosti i samo je pitanje vremena kada će doći do potpunog kolapsa iste; doba godine; različita istraživanja su pokazala da su pojedine prirodne katastrofe učestalije u određenim godišnjim dobima (Preet, 2006:46). Na primjer, vrela valovi nisu uobičajena pojava tijekom prosinca u Srbiji, kao što je i malo vjerojatno da će „mećava“ zadesiti Floridu. Mnoge vrste prirodnih katastrofa, posebno hidroatmosferske odlikuju se sezonskom učestalošću (tj. javljaju se u određenim godišnjim dobima). U skladu s tim, određene vrste kritične infrastrukture, trpeće veće utjecaje uslijed prirodnih katastrofa karakterističnih za pojedina godišnja doba; prostorna rasprostranjenost, odnosno distribucija opasnosti na prostoru na kojem se katastrofa može dogoditi (Bimal, 2011:23), važan je parameter prirodnih katastrofa jer područja nisu objekt istih vrsta prirodnih katastrofa. Dakle, te okolnosti se moraju uzeti u obzir kada se procjenjuju utjecaji pojedinih prirodnih katastrofa na kritičnu infrastrukturu; brzina nastanka pojave je brzina kojom se prirodna opasnost pretvara u prirodnu katastrofu. Ovo se može odigrati vrlo brzo, kao što je slučaj s potresima, klizištima, tornadima i bujičnim poplavama, ili vrlo sporo kao što je slučaj sa sušama. Prvopomenuta vrsta katastrofa se naziva „puzajuća katastrofa“ dok se ova druga naziva „iznenadna katastrofa“. Iznenadne katastrofe po pravilu nanose veću štetu kritičnoj infrastrukturi od puzajućih, uzimajući u obzir adaptaciju i mehanizme borbe s prirodnim katastrofama.

Upravo zbog svoje neophodnosti nesmetanog svakodnevnog funkcioniranja društva zaštita kritične infrastrukture je prepoznata kao osnova održavanja funkcionalnosti društvene zajednice u izvanrednim situacijama izazvanim posljedicama prirodnih katastrofa. U Sjedinjenim Američkim Državama „kritičnu infrastrukturu i osnovne resurse“ (Critical infrastructure and keyresources - CIKR) čini širok raspon sredstava i imovine koji su neophodni za svakodnevno funkcioniranje društvenih, ekonomskih, političkih i kulturnih sustava. Bilo kakav prekid u strukturi kritične infrastrukture predstavlja ozbiljnu prijetnju za pravilno funkcioniranje tih sustava i može dovesti do oštećenja imovine, ljudskih žrtava i značajnih ekonomskih gubitaka (Murray, 2012:2). U Australiji, pod kritičnom infrastrukturuom podrazumijevaju se fizički objekti, lanci opskrbe, informacijske tehnolo-

gije i komunikacijske mreže, koje bi ako se unište ili na duže vrijeme onesposobe, mogle značajno utjecati na društveno ili ekonomsko blagostanje nacije, ili bi utjecale na sposobnost Australije da štiti nacionalnu sigurnost (Emergency Risk Management, 2003:45). Glavni cilj zaštite kritične infrastrukture od utjecaja prirodnih katastrofa je da se u takvim situacijama održi kontinuitet u njenom funkcioniranju (Hromada i Lukas, 2012:43). Upravo stoga, smanjenje utjecaja prirodnih katastrofa na ljude i kritičnu infrastrukturu obuhvaća intervencije s ciljem sprečavanja ili smanjivanja mogućnosti fizičkog ugrožavanja i socijalnog remećenja (Zhou, 2010:25).

Intenzitet svih vrsta šteta i poremećaja koji su izazvani ekstremnim prirodnim katastrofama, može biti umanjnjen usvajanjem sigurnosnih mjera za ublažavanje i odgovor na takve događaje, na različitim razinama. Takve mjere bi obuhvatile regulaciju korištenja zemljišta i strukturnu izgradnju objekata, kako bi se onemogućilo djelovanje podrhtavanja tla, nadiranje vode i jakih vjetrova na konstrukcije objekata (Tierner i Bruneau, 2001:61). S druge strane, pripreme bi obuhvatile i donošenje planova za odgovor na posljedice prirodnih katastrofa, prikupljanje svih potrebnih zaliha, treniranjem pripadnika interventno - spasilačkih službi, obrazovanjem ostalih snaga zaštite i spašavanja o katastrofama i mjere za smanjenje posljedica prirodnih katastrofa kao što su i strukturne i nestrukturne mjere zaštite kritične infrastrukture.

## Fenomenologija prirodnih katastrofa

Prirodne katastrofe, kao štetni događaji po ljude, njihova materijalna dobra (kritične infrastrukture) i okoliš, dešavaju se na/u različitim sferama zemlje (litosfera, hidrosfera, atmosfera i biosfera), kao što su npr. potresi, poplave, epidemije, uragani, itd. (Degg, 1992: 37). Ovisno od prirode procesa nastanka, prirodne katastrofe se mogu podijeliti na: geofizičke (potresi, vulkani, cunami, klizišta, blatišta); meteorološke (tropski cikloni/uragani, oluje, tornada, munje, oluje s gradom, snježne oluje, ledene oluje, mećave, hladni i vrući valovi, odroni snijega, magle i mrazevi); hidrološke (poplave, bujice); biološke (epidemije i najezde insekata) i vanzemaljske (meteori) (Edward, 2005: 58; Tobin i Montz, 2007: 98). S obzirom na mjesto nastajanja, prirodne katastrofe mogu biti: porijeklom iz atmosfere i hidrosfere (npr. tropski cikloni, tornado); porijeklom iz litosfere (potresi, vulkanske erupcije, tsunami) i porijeklom iz biosfere (šumski požari, bakterije). Također, s obzirom na „izvor nastanka“, mogu se podijeliti na: „endogene“ (potresi, vulkanske erupcije); „egzogene“ (poplave i suše) i antropogenog (ljudskog) porijekla (poplave prouzročene rušenjem brana) (Bimal, 2011:43).

Pojedini pokušaji klasifikacije prirodnih katastrofa uz pomoć kriterija rasprostranjenosti (razmjere) opasnosti razvrstavaju prirodne katastrofe na one čiji su utjecaji intenzivni i ograničeni (npr. potres i tornado), ili rasuti (difuzni) i rasprostranjeni (poplava i suša) - (Smith, 2001:65). Također, prema brzini događanja, katastrofe mogu biti: iznenadne (brze, nagle - potres i tsunami) koji se događaju iznenada i razvijaju vrlo brzo i sporog (laganog - suša) nastanka, koje mogu trajati dugo, iako nastaju postupno (Edward, 2005: 67).

Posljedice prirodnih katastrofa po ljude, njihova materijalna dobra (kritične infrastrukture) i okoliš mogu biti primarnog i sekundarnog karaktera. Tako, npr. posljedice potresa primarnog karaktera izazvane podrhtavanjem tla, jesu razni vidovi rušenja objekata (kritične infrastrukture), dok su posljedice sekundarnog karaktera povezane sa izazivanjem klizišta, cunamija i raznih požara. Generalno, posljedice prirodnih katastrofa se mogu klasificirati po više kriterija. Mileti (1999:67) pravi razliku između fizičkih i socijalnih posljedica: fizičke posljedice su materijalna šteta (srušeni ili oštećeni objekti kritične infrastrukture i ostale strukture) i ljudske žrtve, dok socijalne mogu biti demografske, ekonomske, političke, institucionalne, psihološke i zdravstvene. Smith i Ward (1998:35) zastupaju klasifikaciju na izravne i neizravne posljedice koje mogu biti materijalne i nematerijalne. Direktno materijalne posljedice nastaju uslijed oštećenja objekata, struktura i infrastruktura, dok neizravne podrazumijevaju izgublenu proizvodnju, zarade, odsustva s posla itd.. Parker i suradnici (1997:123) i Smith i Ward (1998:36) produbljuju klasifikaciju dijeleći materijalne i nematerijalne na primarne i sekundarne. Primarne su posljedice „prvog naleta“ i predstavljaju neposredne gubitke uslijed same katastrofe koje često dovode do sekundarnih i tercijarnih posljedica. Pod sekundarnim i tercijarnim posljedicama se podrazumijevaju dugoročne posljedice (gubitak prebivališta, oboljeli od dijabetesa uslijed stresa).

U cilju boljeg sagledavanja posljedica prirodnih katastrofa po kritičnu infrastrukturu, vrlo je važno znati osnovne kvalitativne i kvantitativne pokazatelje prirodnih katastrofa na globalnoj razini i u dužem vremenskom

razdoblju. Sagledavajući rezultate statističke analize geoprostorne i vremenske distribucije različitih prirodnih katastrofa (Cvetković i Mijalković, 2013:107; Cvetković, 2013:58), lako se dolazi do zaključka da prirodne katastrofe svakim danom sve više ugrožavaju ljude i njihova dobra (kritičnu infrastrukturu). Naime, broj katastrofa koje su zabilježene u prvoj polovici prošlog stoljeća samo su 6% ukupnog broja katastrofa koje su se dogodile u vremenskom razdoblju od 105 godina; 62% katastrofa u posljednjih 100 godina se dogodilo u posljednjih 15 godina tog razdoblja; 80% katastrofa koje su zabilježene u posljednjih 100 godina dogodilo se u posljednjih 25 godina tog razdoblja; u svakom mjesecu u posljednjih 100 godina dogodilo se u prosjeku 12 katastrofa; katastrofe prijete svim dijelovima svijeta, osobito siromašnim zemljama; preraspodjela katastrofa po kontinentima je različita i više od 60% katastrofa dogodi se u Aziji i Africi; skoro 50% katastrofa je meteorološkog karaktera 0,30% je tehnološkog 0,12% je geološkog dok je 8% biološkog karaktera; najgori slučajevi potresa, suša, poplava i gladi u posljednjih 100 godina dogodili su se u Kini; najgori slučajevi klizišta, vulkanskih erupcija i lavina dogodili su se u Latinskoj Americi; najveća prirodno - geološka katastrofa je potres u Indijskom Oceanu poslije koga je uslijedio cunami 2004 godine; u posljednjih pet godina dogodili su se najteži slučajevi klizišta, cunamija, snježnih oluja, paklenih vrućina i terorističkih napada u novijoj svjetskoj povijesti; ako bi smo 100 godina promatranog razdoblja podijelili s ukupnim brojem žrtava katastrofa, dobili bi smo podatak da u prosjeku na 1 h pogine 88 ljudi, a 7.137 ljudi bude direktno pogođeno katastrofom; ukupni broj poginulih u katastrofama u posljednjih 100 godina je veći nego populacija Francuske i Nizozemske zajedno; ukupni broj pogođenih/poginulih ljudi u tom periodu je veći od trenutne svjetske populacije; epidemije su najopasniji tip prirodnih katastrofa, jer je od ukupnog broja poginulih / umrlih ljudi čak 65 posto stradalo od epidemije neke bolesti. Suša i glad su na drugom i trećem mjestu s ukupnim udjelom od 13% i 9%; najrazorniji tip katastrofa glede pogođenih / poginulih su poplave s 43 posto učešća, zatim suše sa 33 posto i na kraju uragani/tajfuni/tornado sa 10%; najštetniji oblici katastrofa s obzirom na prosječni broj pogođenih i mrtvih ljudi je suša sa 2.673.429 po ciklusu, zatim slijede glad sa 1.028.350 i poplava s 1.006 827; više od 90% pogođenih ili mrtvih ljudi je iz Azije ili Afrike; u prosjeku svaka katastrofa odnese 5.395 života, a broj pogođenih je oko 435,1 tisuća itd. (Kourosh i Richard, 2008:78).

U razdoblju od 1900. do 2013. godine dogodile su se 25.552 prirodne katastrofe. U tom razdoblju najviše je bilo hidroloških, pa meteoroloških, geofizičkih, klimatskih i bioloških katastrofa (Tablica 1) (Cvetković i Mijalković, 2013:346).

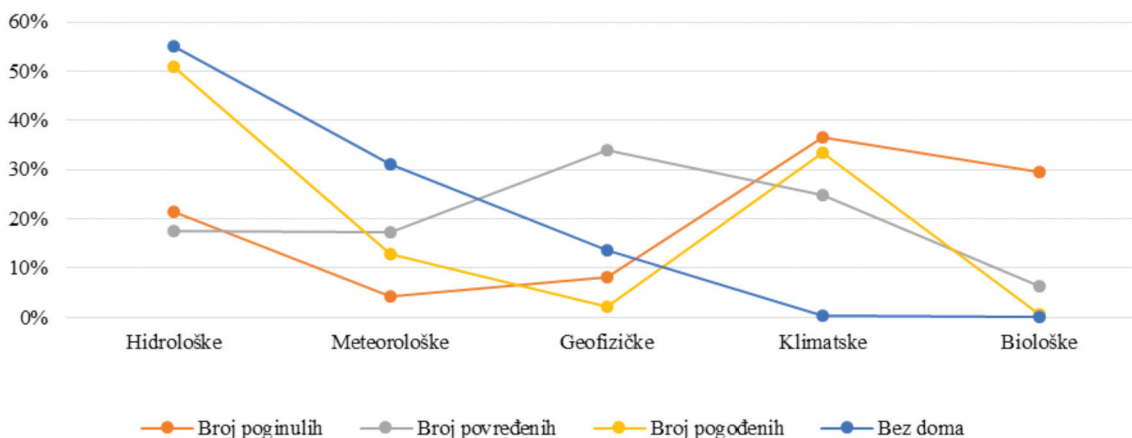
**Tabela 1. Pregled prirodnih katastrofa u svetu od 1900. do 2013. godine. Izvor podataka: EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database.**

Vrsta prirodne izvanredne situacije	Broj događaja	Broj poginulih	Broj povređenih	Broj pogođenih	Bez doma	Ukupno pogođenih	Ukupna materijalna šteta (\$)
Meteorološke	7149	2766859	2641153	1742924832	105054916	1850620901	1872273246
Geofizičke	3037	5331007	5177147	309279694	45930226	360387067	1522543792
Hidrološke	9557	13987140	2655118	6891172180	185223183	7079050481	1200003042
Biološke	2820	19152311	968153	90325323	0	91293476	460264
Klimatske	2989	23772449	3779656	4532945549	903962	4537629167	471765608
Ukupno	25552	65009766	15221227	13566647578	337112287	13918981092	5067045952

Najviše (23772449 ili 36,57%) poginulih ljudi, bilo je usled klimatskih katastrofa, povređenih (5177147 ili 34,01%) usled geofizičkih, pogođenih (6891172180) i ljudi bez doma (185223183 ili 50,79%) usled hidroloških katastrofa. Najmanje (2766859 ili 4,26%) poginulih ljudi bilo je zbog posledica meteoroloških katastrofa, povređenih (968153 ili 6,36%), pogođenih (90325323 ili 0,67%) zbog posledica bioloških katastrofa (Tabela 1. i Grafikon 1.).



Grafikon 1. Zastupljenost posljedica prirodnih vanrednih situacija po ljude u periodu od 1900. do 2013. godine.



## 2. Strukturne mjere zaštite kritične infrastrukture od posljedica prirodnih katastrofa

Gubitak kritične infrastrukture može izazvati velike izravne i sekundarne posljedice katastrofe u zajednici od uništenja mosta koji prekida kretanje resursa i građana u zajednici do velikog kvara u elektrani tijekom zimskih mjeseci kada je električna energija pitanje života i smrti. Svijest o tim infrastrukturnim komponentama i mehanizmima kojima oni utječu na zajednicu i geografski i fizički je velik korak ka uspješnom upravljanju opasnostima od prirodnih katastrofa. Strukturne mjere zaštite kritične infrastrukture kao najčešće preventivne mjere imaju odlučujuću ulogu u osiguravanju funkcionalnosti takvih infrastrukture u prirodnim katastrofama. Pod strukturnim mjerama zaštite kritične infrastrukture se podrazumijeva dizajniranje, konstruiranje, održavanje i renoviranje kritičnih infrastrukture da se odupru fizičkim silama i udarim katastrofa. To su mjere strukturnog ublažavanja koje podrazumijevaju ili diktiraju potrebu za nekim oblikom izgradnje, inženjerstva ili drugih mehaničkih promjena ili poboljšanja usmjerenih na smanjenje vjerojatnosti ili posljedica rizika od opasnosti (Copola, 2007:178).

Takve navedene mjere su generalno skupe i uključuju cijeli niz pitanja regulacije, usaglašavanja, sprovođenja, inspekcije, održavanja i obnove kritične infrastrukture. Ako svaka opasnost ima jedinstven skup mjera strukturnog ublažavanja koje se mogu primijeniti na njezin rizik, takve mjere mogu se grupirati u neke opće kategorije. Svaka kategorija će biti opisana u nastavku s primjerima toga koja bi vrsta ublažavanja bila primijenjena na jednu ili više pojedinačnih vrsta opasnosti. Opće grupe strukturnog ublažavanja su: otporna konstrukcija, građevinski propisi i regulatorne mjere, premještanje, strukturna modifikacija, izgradnja mesnih skloništa, izgradnja barijera i sustava preusmjeravanja ili zadržavanja, sustavi otkrivanja, fizička modifikacija, sustavi za tretman, redundancija u infrastrukturi sigurnosti života (Copola, 2007:178).

Generalno promatrano, najbolji način da se maksimizira šansa da kritična infrastruktura bude otporna na različite sile koje stvaraju prirodne katastrofe je da se dizajnira na takav način prije izgradnje, kako bi se u potpunosti ili djelomično njima oduprijela. Kroz svijest i edukaciju, pojedinačni, poslovni i vladini entiteti mogu biti informirani o opasnostima koje postoje i mjerama koje mogu biti poduzete da bi se ublažili rizici tih opasnosti, omogućujući da otpornost kritične infrastrukture bude uzeta u obzir. Kao opcija ublažavanja, dizajniranje otpornosti na opasnosti u kritičnoj infrastrukturi od samog početka je najisplativija opcija i opcija koja ima najviše šansi za uspjeh (Motteff i Parfomak, 2004:78). Naravno, da li će graditelji izabrati da koriste takav dizajn kritične infrastrukture otporan na različite vrste prirodnih katastrofa ovisi od toga da li imaju pristup financijskim izvorima, tehničko znanje potrebno da se pravilno isplanira izgradnja i materijalne resurse potrebne za takve mjere.

U pojedinim državama stilovi gradnje su tako koncipirani da u sebi u samom startu sadrže takve komponente dizajna ključne za otpornost konstrukcija na prirodne katastrofe (Murray, 2012:31). To se često može vidjeti u područjima gdje se redovito događaju poplave i gdje se kuće grade na stupovima. Primjer kulturološki prilagođenog stila gradnje otpornog na prirodne katastrofe su i kuće izgrađene u mjestu Banni u Indiji koje odolijevaju potresima. Skromna sredstva i minimalni dodatni napor su potrebni da se dizajniraju mjere ublažavanja u gradnji od početka, ali izgradnja standardne, neotporne konstrukcije i kasnije izmjene na njoj zahtijevaju i

visoka sredstva i visoku sposobnost.

Sve iznijete činjenice jasno sugeriraju da je prilikom izgradnje kritične infrastrukture potrebno da se koriste takvi materijali, tehnike, procedure i dizajni koji će omogućiti da kritična infrastruktura izdrži ili da se ublaže sve potencijalne štetne posljedice različitih prirodnih katastrofa. Upravo stoga, vrlo je značajno procijeniti rizike na razini lokalne samouprave, točnije identificirati potencijalne prirodne katastrofe koje bi se mogle dogoditi i u skladu s tim, utjecati na razvijanje otpornosti same kritične infrastrukture.

Konstrukcija kritične infrastrukture otporna na katastrofe je učinkovit način da se smanji ugroženost od određenih vrsta prirodnih katastrofa. Međutim, građevinske tvrtke koje su zadužene za izgradnju određenih vrsta kritične infrastrukture moraju implementirati sve preporuke dostizanja određene razine otpornosti kako bi došlo do stvarnog smanjenja u sveukupnoj ugroženosti stanovništva. Jedan način na koji vlade mogu osigurati da se takve mjere i realno provode, jeste da se donesu i primjene odgovarajući građevinski propisi koji će striktno regulirati tu oblast (Abbott, 2012:91).

Regulatorne strukturne mjere su jedne od najraširenije usvojenih mjera strukturnog ublažavanja, korištene u skoro svakoj zemlji svijeta u nekom obliku (Radvanovsky, 2006:21). Sa dovoljno znanja o mogućnosti da katastrofe pogode regiju ili zemlju inženjeri mogu razviti građevinske propise koji će usmjeravati graditelje da njihovi dizajni budu otporni na sile relevantnih katastrofa. Iako je na prvi pogled tako nešto jednostavno u teoriji, inherentni problemi sa propisima i zakonima mogu drastično smanjiti njihov učinak. Građevinski propisi osiguravaju da dizajni kritičnih infrastrukture uključuju otpornost na različite oblike vanjskog pritiska. Svaka prirodna katastrofa emitira jedinstven skup vanjskih pritisaka na strukture, uključujući (Copola, 2007:180): bočne i / ili vertikalne potrese (zemljotresi), bočni i / ili pritisak opterećenja uzdizanja (ozbiljne oluje, ciklonske oluje, tornada, jaki vjetrovi), ekstremna vrućina (požari na strukturama, šumski požari), opterećenje krovova (oluja s gradom, snažna oluja, padavina pepela), hidrološki tlak (poplave, olujni val). Kada se pravilno primjenjuju, građevinski propisi nude veliku zaštitu kritične infrastrukture od širokog spektra katastrofa. Oni su primarni razlog za drastičan pad broja stradanja od potresa u svijetu u razvoju tijekom posljednjeg stoljeća. Toliko su učinkoviti jer u potpunosti integriraju mjere zaštite u samu strukturu od faze dizajna pa nadalje, umjesto primjene mjera nakon izgradnje.

Nažalost, takve mjere imaju nekoliko negativnih aspekata koji ih sprječavaju da budu šire i na učinkovitiji način korištenje. Iako skoro sve države imaju građevinske propise, samo nekolicina ih koristi u njihovom punom obimu. Razloga za to je više. Najprije, svaka građevinska mjera usmjerena ka unapređenju otpornosti samog objekta i infrastruktura povećava kasnije troškove izgradnje. Upravo stoga, graditelji se protive stvaranju strogih građevinskih propisa jer potreba da se koriste jači i dodatni materijali smanjuje granice profita njihovih infrastrukturnih investicija. Zatim, da bi građevinski propisi bili uspješni mora postojati njihovo bezuvjetno poštovanje i provođenje. Sprovođenje može jedino biti osigurano kroz izravno nadziranje same realizacije što stvara novi proračunski trošak za državne dužnosnike. Čak i kada je provođenje potaknuto kroz raznorazne građevinske inspekcije nepridržavanje takvih propisa je uvijek moguće u formi podmićivanja, zanemarivanja, itd. Inspektori mogu imati nedostatak odgovorajuće obuke ili znanja da bi adekvatno obavljali svoj posao, što ih čini nesposobnim da pravilno identificiraju opasne uvjete ili nepoštovanje građevinskih propisa (Cheng i Wang, 1996:121).

Jedan od svakako i najrazumnijih načina da se zaštiti kritična infrastruktura od primarnih i sekundarnih posljedica prirodnih katastrofa jeste njihovo premještanje ili izgradnja dalje od pravca njihovog prostiranja ili obuhvaća. Recimo, pojedine kuće se mogu rasklopiti i prenijeti na sigurne lokacije netaknute. Naravno sve to ovisi i od samog znakove prirodne katastrofe, tj. da li je riječ o iznenadnim, umjerenim ili sporo prostirućim katastrofama. Postavlja se pitanje, da li se po principu analogije tako nešto može primijeniti i na sustave kritične infrastrukture? Gdje je balans između neophodnosti njihovog funkcioniranja u takvim situacijama i same njihove materijalne zaštite, da bi se mogle uspostaviti u periodu oporavka zajednice kada su najpotrebnije. Recimo, poplava je najčešći razlog zbog kojih se određene strukture premješaju, tamo gdje je to u skladu sa stilom gradnje moguće. U pojedinim slučajevima gdje je područje koje će biti zahvaćeno prirodnom katastrofom

veliko, u pojedinim slučajevima premještanje cijelih zajednica može biti potrebno. Jedan takav primjer je grad Valdez na Aljasci, koji je premješten 1967. godine nakon što su procjene ugroženosti zajednice pokazale da je cijeli grad izgrađen na nestabilnom zemljištu. Pedeset i dvije originalne strukture su premještene na novo mjesto četiri kilometra dalje, dok je ostatak uništen i ponovno izgrađen na njihovoj novoj lokaciji (Abbott, 2012:47).

Znanstveni progres i tekuća istraživanja stalno daju nove informacije o prirodnim katastrofama i njihovim utjecajima na kritične infrastrukturne sustave. Takve nove informacije mogu otkriti da kritične infrastrukture u identificiranim zonama rizika nisu na takav način dizajnirane da bi odoljele silama mogućih katastrofa. Naravno, pred nadležnim u lokalnim samoupravama na raspolaganju stoje tri opcije (Claudia i Flores, 2005:121): prva je ne učiniti ništa; druga, kritične infrastrukture mogu biti uništene i ponovno sagrađene tako da se prilagode novim informacijama o potencijalnim rizicima od prirodnih katastrofa; i treća, a često najprikladnija mjera je da se modificira kritična infrastruktura tako da bude otporna na predviđene utjecaje prirodnih katastrofa. U stručnoj literaturi, takva mjera se često označava kao nadgradnja! Kako nadgradnja utječe na kritičnu infrastrukturu ovisi od rizika od prirodne katastrofe koji se tretira. Primjeri prirodnih katastrofa i njihove nadgradnje uključuju (Copola, 2007:98): ciklonske oluje - dodatno ojačana mrežna (elektro, informacijska) instalacija, hidroizolacija (često se naziva sekundarna otpornost na vodu); jače okvirne veze i spojevi (uključujući „krovne trake“, strukturno podizanje, strukture bočne potpore, jači ulazi uključujući garažna vrata); zemljotresi - ojačani zidovi, uklanjanje zidova ispod prvog kata, učvršćivanje temelja, uokviravanje podova, ojačavanje dimnjaka, sustavi izolacije temelja, vanjski okviri, uklanjanje krovne težine, ojačavanje katova; poplave - strukturno podizanje, zamjena prvog kata „mokra“ i „suha“ hidroizolacija, otvori za poplave; šumski požar - zamjena vanjskih materijala uključujući oluke, odvodne cijevi, daske, vrata, okvire prozora i crjepove, sa onima koji su otporni na vatru; grad - povećanje nagiba krovova, ojačani krovni materijali, ojačan kapacitet opterećenja ravnih krovova i krovova s niskim nagibom; tornada - pored modifikacija za ciklonske oluje, izgradnja „sigurne sobe“, skloništa u podrumu; munja - električno uzemljenje; ekstremna vrućina - sustavi za rashlađivanje.

Različite vrste posljedica prirodnih katastrofa koje mogu zadesiti čovjeka i njegovo izgraženo okruženje se može donekle iskontrolisati kroz specijalno izgrađene strukture. Takve strukture se mogu razvrstati u tri glavne kategorije: barijere, sustavi preusmjeravanja i sustavi zadržavanja (Cheng i Wang, 1996:121). Barijere su dizajnirane da zaustave fizičku silu na njevoj putanji i na taj način zaštite kritičnu i svu drugu infrastrukturu. Njihov zadatak je da apsorbiraju utjecaj bilo koje prirodne katastrofe. One su drugim riječima blokirajući uređaji. Barijerni zidovi mogu biti napravljeni od prirodnih materijala, kao što su drveća, grmlja ili čak postojeće zemljište ili mogu biti izgrađeni od različitih materijala, kao što su kamen, beton, drvo ili metal. Ovisno o vrsti opasnosti, koju sa sobom nose različite prirodne katastrofe barijere mogu se izgraditi na samo jednoj strani kritične i druge infrastrukture ili mogu u potpunosti da je okružuju. Primjeri barijera i prirodnih katastrofa za koje su dizajnirani da štite uključuju: valobrani - ciklonski olujni valovi, tsunami, visoki valovi, uzburkano more i priobalna erozija; zidovi protiv poplava - poplave, bujice; prirodni ili umjetno vetrobrani - jaki sezonski vjetrovi, nanosi vjetra, kretanje dina, erozija plaže, snježni nanosi; odbranjiva prostor - šumski požari; vatrozidi od masivnih pomicanja - klizišta, blatišta, odroni stijena, lavine. Sustavi preusmjeravanja se dizajniraju kako bi preusmjerili fizičku silu prirodne katastrofe omogućujući da promijeni smjer kretanja tako da kritična i druga infrastruktura locirana na njenom izvornom putu izbjegne izravno/neizravno oštećenje. Kao i barijere, sustavi preusmjeravanja mogu se grade od raznih materijala. Primjeri sustava preusmjeravanja i prirodnih katastrofa za koje su dizajnirani da štite uključuju: mostovi za lavinu (snježne lavine); brzaci - klizišta, blatišta, lahar, odroni stijena; kanali za tok lave - vulkanski lava; kanali i jarci preusmjeravanja i prelivnice - poplave. Sustavi zadržavanja se dizajniraju da zadrže utjecaje prirodnih katastrofa, čime se sprečavaju da se njene destruktivne sile oslobode. Takve strukture općenito imaju za cilj povećati granicu do koje se prirodne katastrofe fizički zadržavaju. Recimo: brane - suša, poplave; nasipi i zidovi protiv poplava - poplave; uski prolazi na branama - sedimentacija, poplave; zidovi protiv klizišta - zidarstvo, beton, kavez za kamenje, rešetkasti zidovi, potporni zidovi; stabilizacijski pokrivači padina - (beton, mreže, žice, vegetacija) - klizišta, blatišta, odroni stijena.

Kako se više sredstava ulaže u istraživanje i razvoj sustava za motrenje, otkrivanje, obavještanje i uzbunjivanje njihova sposobnost da spriječe ili ublaže prirodne katastrofe i upozore na posljedice od istih se iz godine

u godinu povećava. Kod prirodnih katastrofa, takvi sustavi se primarno koriste za spašavanje života. Kod tehnoloških katastrofa, međutim se mogu iskoristiti da spriječe napad, eksploziju, požar, nezgodu ili drugu štetnu pojavu. Primjeri sustava otkrivanja su: sateliti koji prave slike - šumski požari, uragani, vulkani, klizišta, lavine, poplave, rizik od požara, terorizam, doslovno sve katastrofe; kemijski, biološki, radiološki, eksplozivni sustavi otkrivanja - tehnološke opasnosti (kemijski ispusti, pucanje cjevovoda), terorizam); sustav nadgledanja kretanja tla - seizmičnost, vulkanska aktivnost, pucanje brane, širuće zemljište, slijeganje zemljišta, kvar na željezničkoj infrastrukturi; mjerači poplava - hidrološke katastrofe; meteorološke stanice - nevrijeme, tornada; Otkrivanje podvodnih oceanskih kretanja - cunami; informacijski sustavi - epidemije, terorizam oružjem za masovno uništavanje (Hyndman i Hyndman, 2011:67).

Fizička modifikacija predstavlja skupinu mjera za ublažavanje posljedica prirodnih katastrofa mijenjanjem fizičkog krajolika na takav način da se vjerojatnost ili posljedice izravno/neizravno smanjuju (Copola, 2007:130). Sam proces modifikacije se sastoji u provođenju mjera uređenja ili poduzimanjem odgovarajućih inženjerskih pothvata. Primjeri modifikacija tla s ciljem ublažavanja posljedica prirodnih katastrofa uključuju: usijecanje padine - klizišta, blatišta, erozija; drenaža padine - klizišta, blatišta, erozija; razmatranje strmih padina - klizišta, blatišta, odroni stijena, erozija, lavine; učvršćivanje i podupiranje - klizišta; ukljanjanje i / ili zamjena zemljišta - šireće zemljište; melioracija močvara - poplave; čišćenje rijeka - poplave; čišćenje spremnika - suša.

Sustavi za tretman imaju za cilj ukloniti opasnost iz prirodnog sustava od kojeg ljudi ovise. Takvi sustavi mogu se dizajnirati za stalnu uporabu ili za uporabu u određenim okolnostima kada je poznato da je opasnost prisutna. Recimo, to bi bili: sustavi obrade vode, ventilacijski sistemi filtriranja zraka, sustavi dekontaminacije od aerobnih patogena, sustavi dekontaminacije od opasnih materijala.

Jedna posljednja mjera strukturnog ublažavanja posljedica prirodnih katastrofa po kritičnu i svu drugu infrastrukturu jeste redundancija u infrastrukturi sigurnosti života (McGuire, Mason i Kliburn, 2002:121). Kako su se ljudi razvijali dalje od pukog preživljavanja, postajali su ovisniji jedni od drugih i od društvene infrastrukture. Danas, privatna i državna infrastruktura mogu pružiti pojedincu hranu, vodu, kanalizaciju, komunikacije, prijevoz, zdravstvenu njegu itd. Sa tako velikom ovisnošću od ovih sustava, kvar na bilo kojem bi mogao brzo dovesti do katastrofe. Primjeri sustava u koje redundancija može biti uključena su: električna infrastruktura, infrastruktura javnog zdravlja, infrastruktura menadžmenta za vanrende situacije, sustavi skladištenja, obrade, prijenosa i isporuke vode, transportna infrastruktura, sustavi navodnjavanja, isporuka hrane itd..

Ispitujući attribute i determinante elastičnosti objekata i kritične infrastrukture, istraživači Multidisciplinarnog Centra za istraživanje potresa (Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research - MCEER), Sveučilište u Buffalu, SAD, razvili su R4 okvir otpornosti: robusnost, redundancija, snalažljivost i brzina (Tierney i Bruneau, 2007:37). Prva komponenta takvog okvira odnosi se na sposobnost sustava, sistemskih elementa, kao i drugih jedinica analize izdržati datu magnitudu katastrofe bez značajne degradacije ili gubitka funkcije. Robusnost zatim, odražava inherentnu snagu sustava. Nedostatak robusnosti može izazvati otkazivanje sustava kao što se dogodilo s lomljenjem nasipa u New Orleansu 2005. godine, poslije uragana Katrin. Druga komponenta R4 - zalihost - odnosi se na opseg u kojem su elementi sustava održivi (tj. u stanju ispuniti funkcionalne zahtjeve ako se jave značajna oštećenja funkcionalnosti). Redundantnost omogućuje alternativne opcije, izbore i supstitucije. Nedostatak takve komponente otežava pravilan odgovor na prirodne katastrofe. Značajan broj ljudi u Nju Orleansu nije bio u stanju da se skloni u skladu sa obaveznom evakuacijom prije klizišta tijekom uragana Katrina, jer je javni prijevoz bio nedostupan (Harrington, 2005:65). Komponenta snalažljivosti povezana je s kapacitetom za dijagnosticiranje problema, uspostavljanje prioriteta, i adekvatnu mobilizaciju resursa za brzi oporavak od utjecaja prirodnih katastrofa. Zadnja R4 komponenta je brzina, a odnosi se na kapacitete za ispunjavanje prioriteta i pravovremeno saniranje posljedica i revitalizovanje ugroženih vrijednosti. Takve navedene mere su generalno skupe i uključuju pun spektar pitanja regulacije, usaglašavanja, sporovođenja, inspekcije, održavanja i obnove kritične infrastrukture. Ako svaka opasnost ima jedinstven skup mera strukturnog ublažavanja koje se mogu primeniti na njen rizik, ove mere mogu da se grupišu u neke opšte kategorije. Svaka katagorija će biti opisana u nastavku sa primerima toga koja bi vrsta ublažavanja bila primenjena na jednu ili više pojedinačnih vrsta opasnosti. Opšte grupe strukturnog ublažavanja su: otporna konstrukcija, građevinski propisi i regulatorne mere,



premeštanje, strukturna modifikacija, izgradnja mesnih skloništa, izgradnja barijera i sistema preusmeravanja ili zadržavanja, sistemi otkrivanja, fizička modifikacija, sistemi za tretman, redundancija u infrastrukturi bezbednosti života (Copola, 2007:178).

## **Nestrukturne mjere zaštite kritične infrastrukture od posljedica prirodnih katastrofa**

Nestrukturne mjere zaštite kritične infrastrukture obuhvaćaju napore za smanjenje izloženosti kritične infrastrukture uvjetima opasnosti. Uključuju zakonski donijete urbanističke mjere koje uzimaju u račun moguće udare odnosno posljedice katastrofa; reguliranje razvoja u zonama visoke opasnosti kao što su tereni pod nagibom skloni klizištima i priobalne zone kao meta olujnih valova; i čak u nekim slučajevima otkup i izmještanje zajednica ili dijelova zajednica, mjera koja se sada koristi za područja koje su iskusile ponovne gubitke od poplava (Copola, 2007:131). Naš kapacitet minimizirati negativne posljedice prirodnih katastrofa ovisi od naše ljudske adaptacije na prirodne pojave, uključujući naše građevinske propise, pravila korištenja zemljišta i dizajna naše kritične infrastrukture. Ljudska otpornost ili kapacitet da podnesu ili da se oporave od katastrofe je pod utjecajem ljudskih mjera prilagodbe (Bimal, 2012:68). Oni nisu bespomoćni predmeti nego možemo poduzeti korake u zaštiti našeg društvenog, ekonomskog i prirodnog sustava od ozljede.

Nestrukturne mjere za ublažavanje posljedica prirodnih katastrofa po ljude, kritičnu i drugu infrastrukturu općenito podrazumijevaju smanjenje vjerojatnosti ili posljedica rizika kroz modifikacije u ljudskom ponašanju ili prirodnim procesima (Wisner, 2004:121). Tehnike nestrukturnog ublažavanja se često smatraju mehanizmi- ma gdje se čovjek „prilagođava prirodi“. Imaju tendenciju da budu manje skupe i poprilično lake za provedbu za zajednice s malo financijskih ili tehnoloških resursa. Nestrukturne mjere uključuju: regulatorne mjere, programi edukacije i podizanja svijesti javnosti, nestrukturne fizičke modifikacije, ekološka kontrola i modifikacija ponašanja (Copola, 2007:78).

Regulatorne mjere ograničavaju rizik od opasnosti zakonom određenim ljudskim aktivnostima. Propisi mogu se primijeniti na nekoliko aspekata društvenog i individualnog života i primjenjuju se kada je utvrđeno da je takva akcija potrebna za opće dobro društva. Iako je upotreba regulatornih mjera sveprisutna, sprovođenje je raširen problem jer cijena provođenja može biti pretjerano visoka i inspektori mogu biti neobučeni, neučinkoviti ili podložni podmićivanju. Primjeri regulatornih mjera ublažavanja su (Murray, 2012:39): upravljanje upotrebom zemljišta (zoniranje): predstavlja zakonom nametnuto ograničenje kako se zemljište može koristiti. Može se primjenjivati na određene geografske karakteristike, kao što su upravljanje priobalnom zonom, upravljanje padinom, ili mikroklimatsko lociranje struktura (kao što je postavljanje struktura samo na zavjetrine stranu brda); zaštita otvorenog prostora (zelene površine). Takva praksa pokušava ograničiti naseljavanje ili aktivnosti ljudi na područjima poznatim po visokom riziku za jednu ili više opasnosti; zaštita zaštitnog resursa: u nekim situacijama, dio zemljišta nije u riziku od opasnosti ali nova opasnost može biti stvorena uzurpiranjem takve zemlje. Primjeri uključuju zaštitne šume koje služe da zaustave vjetar i močvare; odbijanje usluga za visokorizične oblasti: kada se neformalna naselja formiraju na visokorizičnoj zemlji unatoč postojanju preventivnih regulatornih mjera, moguće je obeshrabriti rast i preokrenuti trendove naseljavanja obezbjeđenjem da usluge poput električne energije, tekuće vode i komunikacije ne budu provedene do nesigurnog naselja. Takva mjera je samo prihvatljiva ako se provodi u spoju s projektom koji nudi alternativu, siguran smještaj za stanovnike; kontrola naseljenosti: reguliranjem broja ljudi koji mogu se nastane u oblasti poznatog ili procijenjenog rizika, moguće je ograničiti ugroženost i kontrolirati količinu resursa koji se smatraju adekvatnim za zaštitu i odgovor na poznatu opasnost. Mnogi mehanizmi reagiranja su preopterećeni jer je broj stradalih u pogođenoj oblasti mnogo veći nego što je bilo predviđeno; propisi o građevinskoj uporabi: da bismo se zaštitili od određenih opasnosti, moguće je ograničiti tip aktivnosti koji se može izvoditi u građevini. Ova ograničenja mogu primijeniti na ljude, materijale ili aktivnosti.

Javnost je najviše sposobna da se zaštiti od posljedica prirodnih katastrofa ukoliko su prvo informirani da postoji opasnost i zatim educirani o tome što mogu poduzeti kako bi ograničili rizik. Programi edukacije javnosti se smatraju mjerama ublažavanja i mjerama spremnosti. Informirana javnost koja primjenjuje odgovorajuće mjere smanjiti rizik prije nego što se katastrofa dogodi, provodi ublažavanje. Međutim, javnost koja se obučava

u aktivnostima reagiranja, sudjeluje u aktivnosti spremnosti (Hyndman i Hyndman, 2011:131). Projekti dizajnirani da obrazuju javnost mogu uključivati jedan ili više sljedećih elemenata: svijest o riziku od opasnosti; ponašanje - ponašanje u pogledu smanjenja rizika prije katastrofe, ponašanje u pogledu spremnosti prije katastrofe, ponašanje u pogledu odgovora nakon katastrofe, ponašanje u pogledu oporavka nakon katastrofe.

Sustavi upozorenja informiraju javnost da je rizik od opasnosti dostigao graničnu vrijednost koja zahtijeva određene mjere zaštite. Ovisno o vrsti opasnosti i tehnoloških mogućnosti sustava upozorenja, vrijeme koje će građani imati za reagiranje će se razlikovati. Neki sustavi upozorenja naročito oni koji se primjenjuju na tehnološke i namjerno izazvane opasnosti nisu u stanju da pruže upozorenje dok opasnost već ne počne pokazivati svoje štetno ponašanje (kao što je curenje na objektu za proizvodnju kemikalija ili nezgoda koja uključuje kamion sa spremnikom s opasnim materijama) (Radvanovsky, 2006:114). Platforma Ujedinjenih naroda za promociju ranog upozorenja navodi da su četiri zasebna faktora potreba za učinkovito rano upozorenje (Claudia i Flores, 2005:101): prethodno poznavanje rizika s kojima se suočavaju zajednice, tehnički monitorinig i služba upozorenja za takve rizike, priopćavanje razumljivih upozorenja onima koji su u riziku, znanje ljudi kako reagirati i kapacitet da tako postupe.

Mapiranje rizika od prirodnih katastrofa podrazumijeva predstavljanje vjerojatnosti i posljedica u formatu fizičke karte s brojevima zasnovanim na određenoj opasnosti ili skupu opasnosti (Rinaldi, 2004:134). Mape rizika su osnova za upravljenje u katastrofama i vrlo su učinkovite kao alat ublažavanja. Korištenjem mapa rizika, vlade i drugi entiteti mogu najučinkovitije da rasporede resurse na području od najveće potrebe i da unaprijed planiraju, tako da adekvatni resursi odgovora budu u mogućnosti da dođu do tih najrizičnijih područja bez nepredviđenih problema.

Nekoliko različitih opcija ublažavanja, iako nisu strukturne po prirodi podrazumijevaju fizičke modifikaciju na strukturi ili imovini koja dovodi do smanjenje rizika. Obezbeđenje namještaja, slika i uređaja i instalacija reza na ormarima predstavlja jedan od najjednostavnijih primjera za to. U mnogim potresima, većina ozljeda je izazvana padanjem namještaja i drugih neosiguranih predmeta. Ekonomski troškovi također mogu se značajno smanje kroz ove jeftine, jednostavne mjere koje generalno zahtijevaju malo više od povezivanja predmeta za zidove kroz korištenje specijalno dizajniranih tankih metalnih remena (Wisner, 2004:201). Tijekom tornada, stavke obično nađene izvan kuće, kao što su roštilji, namještaj, uskladištena drva, mogu postati projektili koji lete kroz zrak i koji izazivaju ozljede, stradanja ili daljnju imovinsku štetu.

Strukturirano ublažavanje podrazumijeva projektirane strukture koje kontroliraju posljedice prirodnih katastrofa. Također je moguće kontrolirati ili utjecati na opasnosti kroz neprojektovane strukturne mjere. Ovi nestrukturne mehanizmi imaju tendenciju da budu namijenjeni određenoj vrsti opasnosti i uključuju (Copola, 2007:121): eksplozivna detonaciju kako bi se oslobodio seizmički tlak (zemljotresi), ispaljeni ili postavljeni eksplozivi za oslobađanje nagomilanog snježnog pokrivača (lavine), utjecanje na oblake (grad, uragani, suša, snijeg), kemijsko tretiranje (ledene i snazen oluje), kontrolirani požari (šumski požari), bombardiranje vulkanskih tokova, obnova i zaštita dina i plaža (olujni valovi, erozija), upravljanje šumama i vegetacijom (klizišta, blatišta, poplave, erozija), kontrola sedimenta i erozija u rijekama i jezerima, zamjena zemljišta (šireće zemljište), drenaža padine (klizišta, blatišta, erozija), gradiranje padina (klizišta, blatišta, odroni stijena, erozija), iskorjenjivanje bolesti (epidemije).

## Zaključak

Prirodne katastrofe su dio ekološke sfere u kojoj živimo. Uragani, poplave, zimske oluje i potresi igraju važnu ulogu u reguliranju većih prirodnih sustava od kojih svi mi ovisimo. Pokušaji da se fizički modificiraju ovi sustavi često imaju ozbiljne posljedice uključujući povećani nivo ugroženosti od opasnosti i štete nakon katastrofa.

Ugroženost kritične infrastrukture je usko povezana s otpornošću, koja podrazumijeva kapacitet takvih sustava da se oporave od posljedica katastrofa ili njihov kapacitet da odgovore i da se izbore sa ekstremnim opasnostima. Kvantitativni pristupi u inženjerskim znanostima pokušavaju procijeniti otpornost infrastrukture s ciljem smanjenja gubitaka kroz istraživanje i primjenu naprednih tehnologija koje poboljšavaju inženjerstvo,

strategiju planiranja prije pojave i strategiju opravka nakon pojave. Da bi se kritična infrastruktura na adekvatan način zaštitila uz pomoć raznovrsnih strukturnih i nestrukturnih mjera, vrlo je značajno dobro poznavanje primarnih i sekundarnih utjecaja prirodnih katastrofa. Upravo stoga, prvi korak u zaštiti kritične infrastrukture bi bila izrada procjene ugroženosti teritorija lokalne samouprave u okviru koje bi se identificirale sve potencijalne prirodne katastrofe. Nakon toga, svakako bi bilo potrebno poduzeti odgovarajuće mjere ka poboljšanju otpornosti same kritične infrastrukture koja je od ključnog značaja za funkcioniranje zajednica.

Otporne zajednice mogu se savijati prije ekstremnog udara prirodnih katastrofa ali ne pucaju. One su svjesno izgrađene da budu jake i fleksibilne a ne lomljive i krhke. Njihovi vitalni sustavi puteva, komunalnih usluga i drugih institucija potpore su dizajnirani da nastave funkcioniranje u sučeljavanju s porastom vode, jakim vjetrovima i potresima zemlje. Naselja i poduzeća, njihove bolnice i javni sigurnosni centri su locirani u sigurnim područjima a ne u poznatim visoko rizičnim područjima. U takvim naseljima zgrade su izgrađene ili adaptirane zadovoljiti građevinske standarde osmišljene da umanje prijetnje od prirodnih opasnosti. Prirodni ekološki zaštitni sustavi poput dine i močvare, se čuvaju kako bi zaštitili funkcije ublažavanja opasnosti kao i njihove tradicionalnije namjene. Upravo stoga zajednice otporne na katastrofe su održivije od onih koje ne razvijaju sveobuhvatnu strategiju koja inkorporira ublažavanje opasnosti u njihove trenutne i tekuće aktivnosti izgradnje, dizajna i planiranja kritične infrastrukture. Poduzimanje odgovarajuće mjere za osiguranje veće otpornosti i održivosti prije svega zahtjeva stjecanje većeg poštovanja opasnosti koje dominiraju u određenom području.

Zajednicama diljem svijeta, na raspolaganju stoje brojne strukturne i nestrukturne mjere zaštite kritične infrastrukture od posljedica prirodnih katastrofa. Od stepena poštovanja neophodnosti njihovog implementiranja ovisi otpornost same kritične infrastrukture i lokalne zajednice. Za takve zajednice kritična infrastruktura izgrađena prema odgovarajućim zakonima može biti otpornija na raznovrsne posljedice i utjecaje prirodnih katastrofa. Stoga, manje je vjerojatno da će takva infrastruktura biti oštećena zbog jakih vjetrova, poplava, olujnih valova, potresa itd. Također, vrlo je značajno da se u poboljšanje otpornosti kritične infrastrukture uključe stručnjaci svih mogućih društvenih i prirodnih profila, koji će na jedan sveobuhvatan način procijeniti i unaprijediti slabe točke kritične infrastrukture.

## Literatura

- Abbott, P. (2012). *Natural Disasters*, Eight Edition. New York: San Diego State University.
- Bimal, P. (2012). *Environmental Hazards and Disasters Contexts, Perspectives and Management*. Kansas: State University, Wiley – Blackwell.
- Cheng, F., Wang, Y. (1996). *Post Earthquake Rehabilitation and Reconstruction*. China: Pergamon.
- Claudia, G., Flores, G. (2005). *Risk Management of Natural Disasters - the Example of Mexico*. Karlsruhe: Universitat Friderician zu Karlsruhe.
- Cvetković, V., Mijalković, S.: Spatial and Temporal Distribution of Geophysical Disasters. Serbian Academy of Sciences and Arts and Geographical Institute Jovan Cvijic, *Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijic"* 63/3, 345-360, SASA: Special issue: International Conference Natural Hazards Links Between Science and Practice.
- Cvetković, V.: Analysis of Geospatial and Temporal Distribution of Floods as Natural Emergencies. Belgrade: Thematic Proceedings of International Scientific Conference "Archibald Reiss Days", Academy of criminalistic and police studies, 1-2. march 2014.
- Cvetković, V. (2013). *Intervetno-spasilačke službe u izvanrednim situacijama*. Beograd: Zadužbina Andrejević.
- Edward, B. (2005). *Natural Hazards*, Second Edition. Cambridge, University Press.
- Hromada, M., Lukas, L. (2012). *Critical Infrastrucure Protection and the Evaluation Process*. International Journal of

Disaster Recovery and Business Continuity Vol. 3, November.

Hyndman, Donald; Hyndman, David. (2011). *Natural hazards and Disasters: Third Edition*. Canada: Brooks-Cole, Cengage Learning.

Jakovljević, V., Đarmati, Š. (1998). *Civilna zaštita u Saveznoj Republici Jugoslaviji*, Beograd: Studentski trg.

Kourosch E., Larson, R. (2008), *Disasters: Lessons from the Past 105 years*, *Disaster Prevention and Management*, Vol.17 Iss: 1 pp. 62 – 82,

McGuire, B., Mason, I., Kliburn, C. (2002). *Natural Hazards and Enviromental Change*. USA: Oxford University Press Inc.,

Mijalković, S., Cvetković, V. (2013). *Vulnerability of Critical Infrastructure by Natural Disasters*. Belgrade: In Proccesiding „National Critical Infrastructure Protection, Regional Perspective“, pp. 91-102.

Mileti, S. (1999). *Disasters by Design: A Reassessment of Natural Hazards in the United States*. Washington, D.C.: Joseph Henry Press.

Mlađan, D., Cvetković, V. (2013). *Classification of Emergency Situations*. Belgrade: Thematic Proceedings of International Scientific Conference “Archibald Reiss Days”, Academy of criminalistic and police studies, pp. 275-291.

Moteff, J., Parfomak, P. (2004). *Critical Infrastructure and Key Assets: Definition and Identification*. Congressional Research Service, The Library of Congress.

Murray, T. (2012). *Critical Infrastructure Protection: The Vulnerability Conundrum*. *Telematics and Informatics*, vol. 29, no. 1.

Parker, D. (1997). *Reducing Vulnerability following Flood and Disasters: Issues and Practices*. In *Reconstruction after Disaster: Issues and Practices*. New York: Elsevier.

Preet, V. (2006). *Natural Hazards and Disaster Management. A Supplementary Textbook in Geography Class IX on unit 11: Natural hazards and disaster*.

Radvanovsky, R. (2006). *Critical Infrastructure (Homeland Security and Emergency Preparedness)*. New York: Taylor&Francis Group.

Rinaldi, S. (2004). *Modeling and Simulating Critical Infrastructures and Their Interdependencies*.<http://transition.fcc.gov/pshs/techtopics/techtopics19.html>.Pristupljeno05.05.2013. godine.

Smith, K. and Ward, R. (1998). *Floods: Physical Process and Human Impacts*. New York: John Wiley & Sons Inc.

Tierney, K., Bruneau, M. (2007). *Conceptualizing and Measuring Resilience: a Key Todisaster Loss Reduction*. *TR News* 250, May–June: 14–17.

Tobin, A. Montz, E. (2007). *Natural Hazards and Technology: Vulnerability, Risk, and Community Response in Hazardous Environments*. In *Geography and Technology* (ed. S.D. Brunn et al.). Dordrecht: Kluwer, pp. 547–570.

Wisner, B. (2004). *Natural Hazards, People’s Vulnerability and Disasters*. London: Routledge.

Zhou, H. (2010). *Resilience to Natural Hazards: a Geographic Perspective*. *Natural Hazards* 53 (1): 21–41.



## PROTECTION OF CRITICAL INFRASTRUCTURE FROM NATURAL DISASTERS

### Abstract

Critical Infrastructure Protection is one of the important measures to mitigate the consequences of natural disasters. As such, it has been recognized as a basis for maintaining the functionality of the community in emergency situations. It can be said that the main aim of protection of critical infrastructure from the impact of natural disasters is to maintain continuity in its functioning. Specifically, reducing the impact of natural disasters on people and critical infrastructure includes interventions aimed at preventing or reducing the possibility of physical harm and social disruption. In addition, there are two dominant types of reducing the impacts of natural disasters, structural and nonstructural types. Structural mitigation involves the design, construction, maintenance and renovation of physical structures and infrastructure to resist the physical forces and impacts of natural disasters, while non-structural mitigation includes efforts to reduce exposure of the human population, physical structure and infrastructure to conditions of risk. Approaches of non-structural mitigation include the legally adopted zoning measures that take into account the possible impacts of disasters; regulation of development in areas of high risk such as sloping ground, which are prone to landslides and coastal zones as a target of storm waves; and even in some cases the repurchase and relocation of communities or sections of the communities. Therefore, in the paper, the author analyzes the possibilities of protection of critical infrastructure from direct/indirect effects of natural disasters, with a special emphasis on structural and non-structural measures for their protection. In addition, special attention is paid to the phenomenological structure and consequences of different types of natural disasters on critical infrastructure.

**Key words:** critical infrastructure, natural disasters, consequences of threats to critical infrastructure, protection of critical infrastructure, security, emergency.