

Primljen / Received: 4.9.2020.

Ispravljen / Corrected: 20.2.2021.

Prihvaćen / Accepted: 25.2.2021.

Dostupno online / Available online: 10.5.2021.

EUCENTRE i potresni rizici: aktivnosti tehničke pripreme i odgovor nakon potresa u središnjoj Italiji

Autori:

Dr.sc. **Chiara Casarotti**, dipl.ing.građ.

Europski centar za obuku i istraživanje u potresnom inženjerstvu (EUCENTRE), Italija
chiara.casarotti@eucentre.it

Autor za korespondenciju

Dr.sc. **Simone Peloso**, dipl.ing.građ.

Europski centar za obuku i istraživanje u potresnom inženjerstvu (EUCENTRE), Italija
simone.peloso@eucentre.it

Dr.sc. **Barbara Borzi**, dipl.ing.građ.

Europski centar za obuku i istraživanje u potresnom inženjerstvu (EUCENTRE), Italija
barbara.borzi@eucentre.it

Izv.prof.dr.sc. **Alberto Pavese**, dipl.ing.građ.

Sveučilište u Paviji, Italija
 Odjel za građevinarstvo i arhitekturu
a.pavese@unipv.it

Pregledni rad

Chiara Casarotti, Simone Peloso, Barbara Borzi, Alberto Pavese

EUCENTRE i potresni rizici: aktivnosti tehničke pripreme i odgovor nakon potresa u središnjoj Italiji

Modul za napredne seizmičke procjene je služba za tehničku intervenciju nakon potresa koju je EUCENTRE tijekom godina razvijao kroz niz nacionalnih i europskih pilot-projekata, terenskih vježbi i izravnih iskustava nakon posljednjih velikih potresnih događaja koji su pogodili Italiju od 2009. Sustav se sastoji od službe čije se središte za izradu scenarija štete i mobilne jedinice za procjenu oštećenja na terenu nalazi u Paviji. Nakon potresa u središnjoj Italiji, EUCENTRE je oko osam mjeseci bio uključen u niz aktivnosti, uključujući tehničku podršku talijanskom Odjelu civilne zaštite, zajedničku izviđačku misiju s međunarodno prepoznatim istraživačkim institutima.

Ključne riječi:

potres u Italiji 2016., pregled zgrada nakon potresa, detaljna procjena potresom oštećenih zgrada, scenariji štete, teritorijalni sustav upravljanja

Subject review

Chiara Casarotti, Simone Peloso, Barbara Borzi, Alberto Pavese

EUCENTRE and seismic emergency: technical preparedness activities and response after the central Italy earthquake

The ASA (Advanced Seismic Assessment) module is a post-earthquake technical intervention service, developed over the years by the EUCENTRE Foundation through a series of national and European pilot projects, field exercises, and direct experience, after the latest major seismic events that struck Italy since 2009. The system consists of a service managed at the headquarters in Pavia for the development of damage scenarios, and of a mobile unit for the on-site damage assessments. After the Central Italy earthquake, the Foundation has been involved for about eight months in several activities, including provision of technical support to the Italian Department of Civil Protection, joint reconnaissance with internationally acknowledged research institutes.

Key words:

Italy earthquake 2016, post-earthquake survey of buildings, module for advanced seismic assessment of earthquake-damaged buildings, damage scenarios, territorial management system

Übersichtsarbeit

Chiara Casarotti, Simone Peloso, Barbara Borzi, Alberto Pavese

EUCENTRE und Erdbebenrisiken: technische Vorbereitungsmaßnahmen und Reaktion nach Erdbeben in Mittelitalien

Das ASA-Modul (detaillierte Bewertung erdbebengeschädigter Gebäude) ist ein technischer Interventionsdienst nach Erdbeben, der vom Institut EUCENTRE im Laufe der Jahre im Rahmen einer Reihe nationaler und europäischer Pilotprojekte, Feldübungen und direkter Erfahrungen nach den letzten großen Erdbebenereignissen, die Italien im Jahr 2009 getroffen haben, entwickelt wurde. Das System besteht aus einem Dienst, dessen Zentrum für die Entwicklung von Schadensszenarien und mobile Einheiten für die Schadensbewertung vor Ort sich in Pavia befindet. Nach dem Erdbeben in Mittelitalien war das Institut etwa acht Monate lang an einer Reihe von Aktivitäten beteiligt, darunter an der technischen Unterstützung des italienischen Katastrophenschutzdienstes, an einer Aufklärungsmission zusammen mit international anerkannten Forschungsinstituten.

Schlüsselwörter:

Erdbeben in Italien 2016, Gebäudeinspektion nach Erdbeben, Modul für detaillierte Bewertung von erdbebengeschädigten Gebäuden, Schadensszenarien, territoriales Managementsystem

1. Uvod

Europski centar za obuku i istraživanje u potresnom inženjerstvu - EUCENTRE (Pavia, Italija) upravlja složenim sustavom tehničke podrške za hitne situacije nakon potresa. Počevši od 2005., taj se sustav razvijao i usavršavao tijekom godina kroz pilot-projekte, kroz stvarne i simulirane vježbe i njihovu primjenu nakon stvarnih potresa. Institucionalna uloga EUCENTRE-a kao Centra stručnosti talijanskog Odjela civilne zaštite jest pružanje tehničke i znanstvene podrške u području rizika od potresa u tri temeljna aspekta: prevenciji, pripravnosti i odgovoru na hitne situacije.

Terenska služba podržava numeričku i eksperimentalnu procjenu složenih i/ili strateški važnih građevina, ali služi i kao podrška za uobičajene aktivnosti procjene. Od svojeg početka financira ga Odjel civilne zaštite [1], prvotno kao čista operativna podrška u okviru ljudskih resursa i numeričkih metoda. Danas se radi o "kapacitetu", u skladu s definicijom Europskog mehanizma civilne zaštite [2-4], koji je osmišljen kao neovisna služba za brzi odgovor u hitnim situacijama, kodiran u pogledu zadataka, sposobnosti, glavnih komponenti, samodostatnosti i pripreme. Prva važna prekretnica bio je pilot-projekt STEP [5] u okviru kojeg su razvijeni tehnički i tehnološki kapaciteti Mobilne jedinice za procjenu konstrukcija zgrada nakon potresa [6]. Nadalje, u okviru DRHOUSE projekta [7-9], EUCENTRE bio je odgovoran za provedbu modula Detaljne procjene potresom oštećenih zgrada (ASA) [10]: sustav je integriran s nizom komponenata osmišljenih da zadovolje zahtjeve za samodostatnošću, upravljanjem logističkim i zdravstvenim aspektima za implementaciju diljem svijeta, uključivanjem volontera, razvijanjem operativnih postupaka za pripremu, pripravnost, aktiviranje i upravljanje hitnim fazama. Zadnji korak na ovom putu bio je nedavno dovršeni projekt MATILDA [11] u okviru kojeg je modul postao "višenacionalan" na način da su se talijanske nadležnosti proširile na slovensku i hrvatsku organizaciju za upravljanje u hitnim situacijama.

Tijekom godina usluga je testirana kroz nekoliko vježbi (npr. u Patrasu [12] ili povodom međunarodne vježbe ModEX u Tritolwerku [13], slika 1.), obuci internog osoblja i profesionalnih volontera, i, povrh svega, raspodijeljena je kao podrška za tehničko rasterećenje nakon zadnja tri velika talijanska potresna događaja: L'Aquila 2009. [14, 15], Emilia 2012. [16, 17] i nedavni dugotrajni niz potresa u središnjoj Italiji između kolovoza 2016. i siječnja 2017. [18].



Slika 1. Pokretna jedinica za procjenu konstrukcija zgrada na ModEX vježbi (Tritolwerk, Austrija, lipanj 2016.)

Postupci raspoređivanja i stupanj uključenosti uvijek ovise o različitim radnim uvjetima svakog pojedinog okruženja hitne situacije. U talijanskom slučaju, intervencija obično traje cijelo vrijeme krize ili dok se na Odjelu civilne zaštite ne pojavi potreba za većom podrškom središnje jedinice i fleksibilnom operativnom shemom, uz zamjenu timova i prema rastućim potrebama. Kad se radi o širem rasponu raspodjele, misija postaje intenzivnija i neovisna o središnjoj jedinici.

Kad se radi o sustavu teritorijalnog upravljanja rizicima, talijanski Odjel civilne zaštite od 2009. financira razvoj mrežnih GIS platformi za povezivanje podataka o oštetljivosti na nacionalnom fondu građevina i infrastrukturi. Početni cilj bio je izrada karata rizika usmjerenih na prepoznavanje najkritičnijih stanja. Potom je svrha proširena na izradu scenarija u stvarnom vremenu u slučaju potresa. Tijekom godina alati za izračunavanje scenarija značajno su se razvili, posebno u pogledu procjene potresnog scenarija podrhtavanja: u prvim je otpuštanjima seizmički izvor modeliran koncentrirano, zatim je primijenjeno nekoliko elemenata prigušenja, a trenutačno se u obzir može uzeti i rasjed unutar samog modela prigušenja. Također, moguće je učitati karte potresnih područja kako bi se snimljeni podaci integrirali. Radi pružanja scenarija koji su u skladu s trenutnim najnovijim dostignućima i istraživanjima, integriran je i računski softver otvorenog koda OpenQuake. Baza podataka poboljšala se nakon osam godina rada, a sustavi sad imaju i grafičko sučelje koje je prilagođeno korisniku i koje omogućuje pristup velikoj količini dostupnih nacionalnih podataka za procjene oštetivosti.

Platforma se upotrebljavala kako bi pomogla donositeljima odluka tijekom nedavne hitne situacije nakon potresa, ali i u okviru vježbi civilne zaštite (Calabria 2011., Pollino 2012.) i za procjenu scenarija štete uz pretpostavku otvaranja rasjeda na područjima sa značajnim potresnim rojevima.

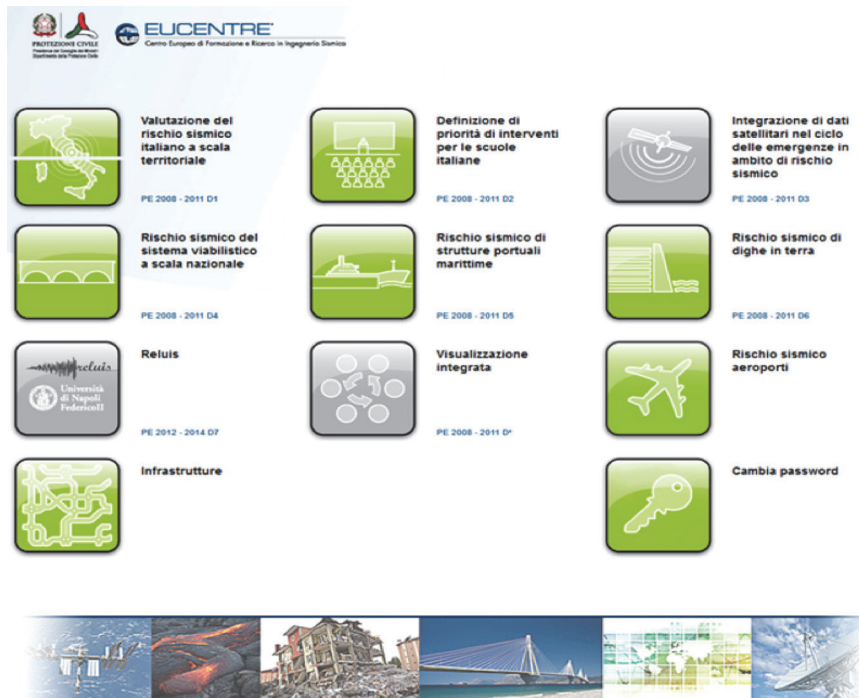
2. Aktivnosti pripreme za hitnu tehničku podršku

Integrirani sustav sastoji se od službe kojom se upravlja iz sjedišta u Paviji s obzirom na teritorijalni sustav upravljanja rizikom za scenarije štete, a sastoji se i od pokretne jedinice raspoređene na terenu radi procjene oštećenih građevina.

2.1. Teritorijalna platforma za upravljanje rizicima

Platforma je usmjerena na utvrđivanje rizika od potresa nacionalnog fonda građevina i infrastrukture, uključujući fond stambenih zgrada, škole, cestovni sustav, luke, zračne luke i brane. Na početnoj stranici korisnik može pristupiti webgis uslugama koje obrađuju podatke o izloženosti, oštetivosti i opasnostima (slika 2.). Generirane karte omogućuju prepoznavanje najkritičnijih situacija i upućuju na prioritete akcije.

Tijekom hitne situacije, sve webgis usluge omogućuju scenarije štete u stvarnom vremenu: uz pretpostavku pojave potresnog događaja, moguće je izračunati scenarij podrhtavanja upotrebom odnosa prigušenja između najnovije objavljene literature ili



Slika 2. Početna stranica teritorijalne platforme za upravljanje rizicima

učitavanjem karata potresnih područja, uključujući snimljene podatke ubrzanja tla. Potom se scenarij podrhtavanja kombinira s potresnom oštećivostu građevina radi procjene scenarija štete u stvarnom vremenu. OpenQuake program primijenjen je i u webgis usluge alata za procjenu štete kao alternativa interno razvijenim rutinama. OpenQuake računalni je program otvorenog kôda koji je razvio Zavod za globalni potresni model (GEM), a koji je testiran i upotrebljava se u više od 80 zemalja diljem svijeta.

S obzirom na to, sustav ima dvojaku svrhu – za prevenciju i u fazi odgovora. Radi se o vrijednom alatu koji donositeljima odluka omogućuje uspostavu prioritarnih akcija u vezi s planiranjem smanjenja rizika od potresa s pomoću uređaja za procjenu rizika. Unutar okvira za hitne situacije, sustav omogućuje brzu procjenu djelovanja potresa u smislu očekivane štete s pomoću scenarija u stvarnom vremenu.

U konačnici, platforma je razvijena [19] i za analizu povijesno promatrane štete nastale tijekom prethodnih potresa u Italiji; organizira i pohranjuje bazu podataka nacionalnih podataka o šteti prikupljenih tijekom godina. Služba pod nazivom Da.D.O. (Database di Danno Osservato) dostupna je operaterima i znanstvenoj zajednici [20].

2.2. ASA modul za terensku procjenu potresom oštećenih građevina

Modul za napredne seizmičke procjene (eng. *Advanced Seismic Assessment - ASA*) građevina sastoji se od više komponenata. Služba pruža logističku/upravljačku i tehničku stručnu podršku. Na područjima kriznih situacija uključene su sljedeće komponente:

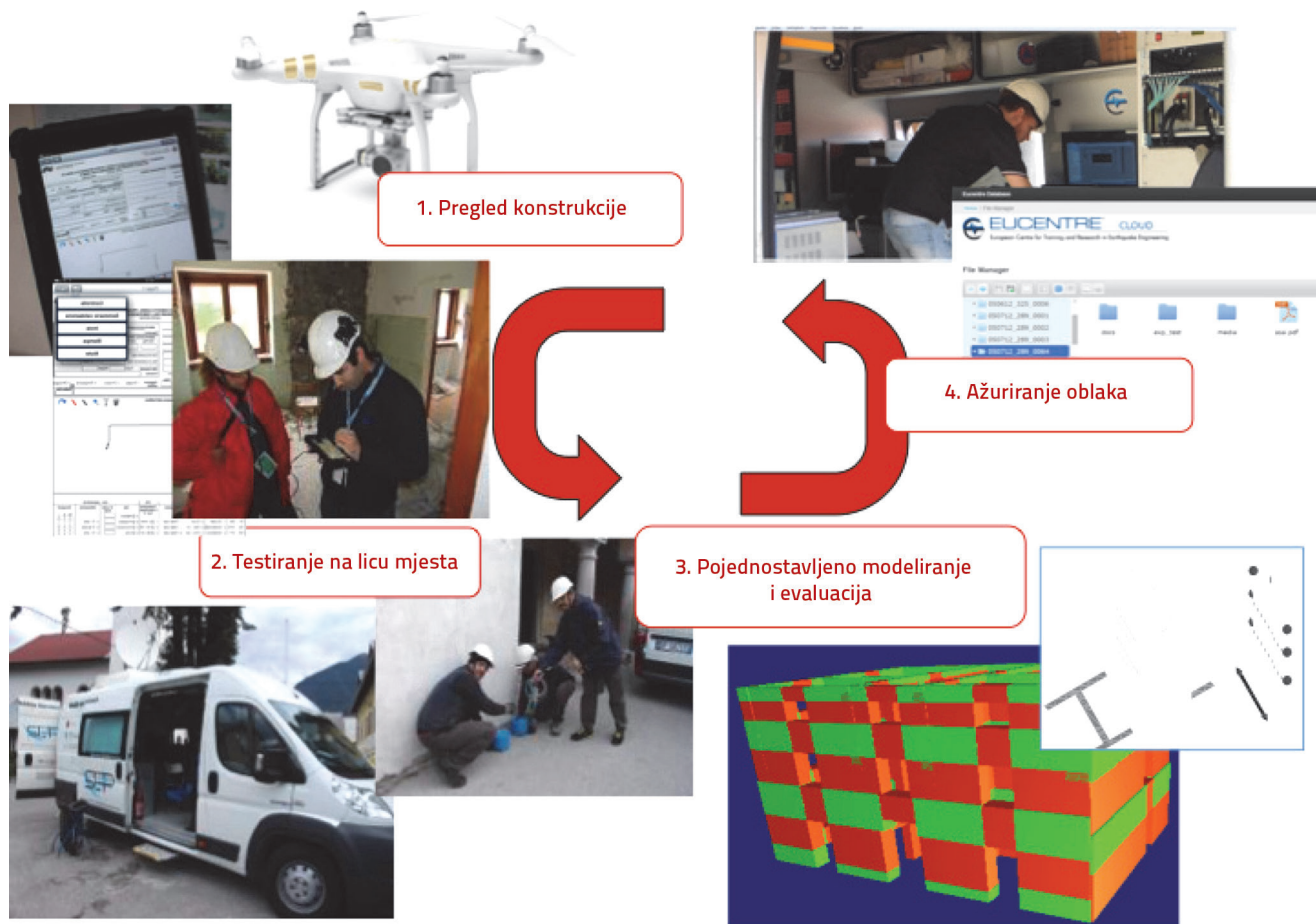
- timovi za procjenu
- eksperimentalni tim s Mobile Lab opremom za provođenje ispitivanja konstrukcija, materijala i tla, ali i za upravljanje prikupljenim podacima (baza podataka i prijenos)
- lokalno koordinacijsko čvorište koje ima i funkciju povezivanja s općim koordinacijskim centrom (u okviru Italije, to je talijanski Odjel civilne zaštite).

Mobilna jedinica sustav je visoke učinkovitosti za brzo i cjelovito prikupljanje, pohranu, analizu i prijenos podataka i usko je povezan sa središnjom jedinicom radi dodatne stručne podrške. Oprema za eksperimentalno ispitivanje koju uključuju mobilne jedinice sastoji se od termokamere, endoskopske sonde, pahometara, sklerometara, zvučnih i ultrazvučnih uređaja za ispitivanje, akcelerometara, geofona, inklinometara, sustava ispitivanja plosnatim prešama (eng. *flat jack*) i posebnog sustava

prikupljanja podataka. Inspekcijski sustav upotpunjen je UAS-om (bespilotnim zračnim sustavom) koji je koristan za pregled nepristupačnih lokacija.

U pogledu sustava upravljanja i prijenosa podataka razvijen je EUCENTRE ustroj baze podataka za pohranu i upravljanje podacima prikupljenim i obrađenim tijekom pregleda i eksperimentalnih ispitivanja. Kako bi se olakšalo prikupljanje podataka na terenu, bez obzira na stanje povezanosti, Mobilna jedinica opremljena je unutarnjom bazom podataka koja služi kao lokalno zrcalo glavne baze podataka u sjedištu Pavije. Funkcija komunikacijskog centra osmišljena je i za prijenos podataka i dijeljenje s trećim stranama, omogućena raznim rješenjima primijenjenim u ustroju Pokretne jedinice: WiFi za razmjenu podataka između timova za provođenje procjena, tim za eksperimentalno ispitivanje i baza podataka Mobilne jedinice, 4G i satelitska veza za ažuriranje podataka pohranjenih u oblaku i za povezivanje Mobilne jedinice sa Središnjom jedinicom ili s bilo kime tko se može povezati s videokonferencijskim sustavom.

Operativna shema prikazana je na slici 3. Najprije se provodi vizualni pregled konstrukcije kako bi se prikupili tipološki/dimenzijski podaci i procijenile karakteristike oštećivosti i prividna oštećenja artefakta. Na temelju toga procjenitelji daju preliminarnu ocjenu (razina 0) i po potrebi zahtijevaju eksperimentalno istraživanje. Slijedi faza karakterizacije konstrukcije i materijala čiji je cilj procjena preostale nosivosti s pomoću pojednostavljenih modela [14, 15]. Baza podataka ažurira se na kraju postupka, a ishod procjene šalje se nadležnom tijelu.



Slika 3. Procjena konstrukcije oštećenih zgrada: operativna shema

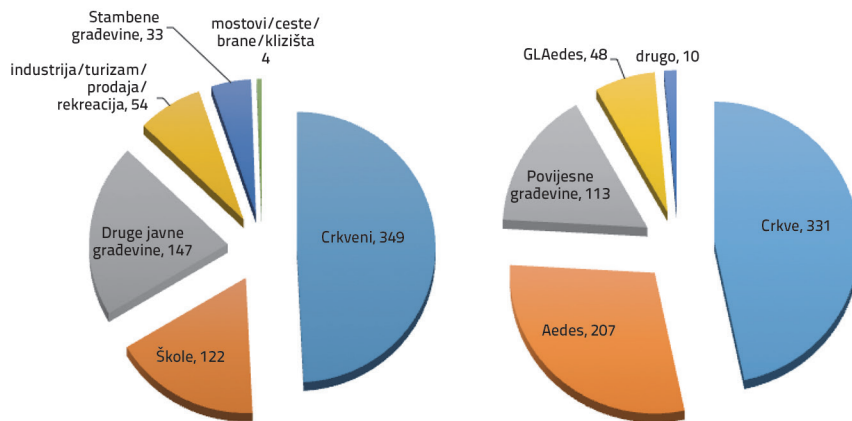
Tehničku komponentu modula nadopunjuje logistički element baznog kampa osmišljen kao dio međunarodnog prihvatnog objekta. U tom slučaju, cjelokupnim se sustavom upravlja preko operativnih postupaka koji definiraju rad modula u različitim fazama; početna implementacija, periodično održavanje i faze postavljanja prema scenarijima za posebne hitne uvjete.

3. Aktivnosti u okviru potresa u središnjoj Italiji

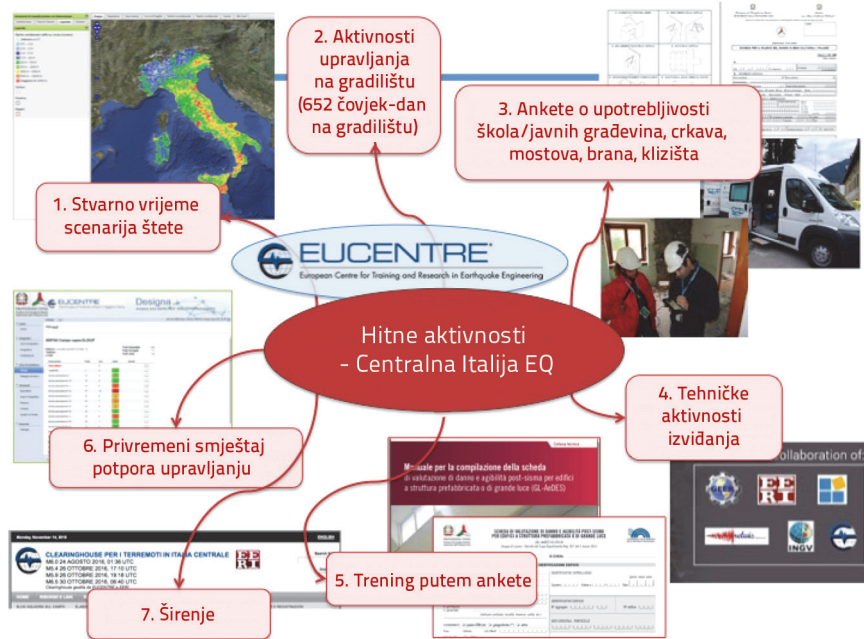
EUCENTRE, kao istraživački centar u potresnom inženjerstvu i centar znanja talijanskog Odjela civilne zaštite (eng. *Civil Protection Department - CPD*), proveo je nekoliko različitih aktivnosti nakon potresnog događaja u središnjoj Italiji 24. kolovoza 2016.

U skladu s nacionalnim procedurama CPD-a, EUCENTRE aktivirao je: 1) teritorijalnu skupinu platformi za upravljanje za izradu scenarija štete u stvarnom vremenu u različitim okvirima, 2) Interventni modul za procjenu potresom oštećenih građevina, i razvojne programere

DESIGNA sustava (Distribuirano okruženje za podršku smještaja pojedinaca i za opće potrebe), kako bi se zadovoljile potrebe upravljanja privremenim stanovanjem. Također, osigurana je i obuka za skupine zadužene za ispitivanje montažnih objekata. Tijekom devet mjeseci intenzivnih terenskih aktivnosti, timovi EUCENTRE-a proveli su više od 700 pregleda (slika 4.) u četiri potresom pogođene regije. Većina istraživanja provedena je na spomenicima kulture, obrazovnim zgradama, javnim zgradama i



Slika 4. Ispitane tipologije zgrada (lijevo) i vrste isporučених inspeksijskih obrazaca (desno)



Slika 5. Aktivnosti u okviru potresa u središnjoj Italiji

produktivnim pogonima. Isporučeni su različiti obrasci za preglede, odnosno obrasci za crkve, povijesne građevine [21], Aedes (za obične zgrade) [22] i GL-Aedes (za montažne objekte) [23]. Od konca kolovoza 2016. do svibnja 2017. uložena su 652 radna dana: u nastavku nalazi se pregled aktivnosti koje je EUCENTRE provodio u okviru hitnih situacija nakon potresa u središnjoj Italiji tijekom 2016./2017., a njihov kratki sažetak nalazi se na slici 5.

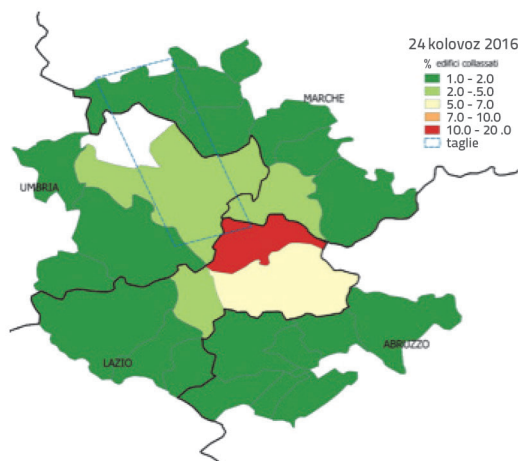
3.1. Aktivnosti u sjedištu u Paviji

Za stanovanje, škole i ostalu infrastrukturu izrađeni su scenariji štete za veće potrese: 24. kolovoza 2016. s Mw 6.1, 26. listopada 2016. s Mw 5.4, 26. listopada 2016. s Mw 5.9, 30. listopada 2016. s Mw 6.5.

Za svaki se potres razmotrilo nekoliko pretpostavki modeliranja, a to je na početku podrazumijevalo točkasti izvor, a potom su se rezultati poboljšali s pomoću modeliranja rasjeda i mehanizma rasjeda i upotrebom karata potresnih područja koje je osigurao INGV (Nacionalni institut za geofiziku i vulkanologiju). Na slici 6. nalazi se prikaz scenarija štete u obliku postotka srušenih zgrada, što odgovara karti potresnih područja glavnog potresa koji se dogodio 24. kolovoza. Prema terenskom izvješću stručnjaka za procjene, čini se da numerički scenariji prilično dobro upućuju na štete uočene na terenu. Nažalost, u ovom trenutku takvi podaci nisu lako dostupni dulje vrijeme nakon hitnog slučaja jer postupak prikupljanja još nije automatiziran. Za stambene zgrade izrađeno je nekoliko istraživačkih scenarija upotrebom izvora, mehanizama izvora i najveću očekivanu magnitudu prema INGV. Seizmogene strukture Bovea, Gorzana i Monterealea posebno su se uzete u obzir. Takvi izvori modelirani su za očekivanu Mw magnitudu od 6,1 i 7, s različitim geometrijama odgovarajućih rasjeda. Bilo je moguće razviti velik broj scenarija

(184) za stambene zgrade jer alati koje je EUCENTRE razvio omogućuju procjenu različitih kombinacija parametara, odnosno: i. moguće je odabrati različite odnose prigušenja (Cauzzi i Faccioli, 2008. [24], Boore i Atkinson, 2008. [25], Akkar i Bommer, 2010. [26], Bindi, 2001. [27]), ii. nepouzdanost procjene odnosa prigušenja uzima se u obzir izračunavanjem scenarija za srednji spektar i srednji spektar ± standardna devijacija, iii. izvor se može modelirati prvo kao točkasti izvor, ali uzimajući u obzir i veličinu rasjeda ili upotrebom scenarija podrhtavanja izrađenih izvan sustava (npr. iz karte potresnih područja).

Ishod scenarija postao je dostupan zbog automatskog webgisovog automatskog izvješća u formatu uspostavljenom u dogovoru s nacionalnim Odjelom civilne zaštite.



Slika 6. Karta potresanja (gore) i odgovarajući scenarij oštećenja (dolje) za glavni potres (24. kolovoza)

Također, dostupni su i sljedeći podaci: i. baze podataka o potresnim procjenama škola u Umbriji i Laziju (u Excel formatu); ii. podaci o mostovima SS4 (Via Salaria), uglavnom poznati kao predmet potresne provjere ANAS-a iz 2009. (jednog od glavnih vlasnika državnih cesta). Takve je podatke EUCENTRE digitalizirao kako bi se izvršilo automatsko FE modeliranje za izračunavanje krivulja oštetivosti; iii. podaci o branama koje se nalaze na potresnom pogođenim područjima. S obzirom na hitne situacije, jedan od presudnih aspekata bila je neposredna dostupnost takvih podataka koja je omogućena zahvaljujući relacijskim bazama podataka iz webgis aplikacija razvijenih tijekom aktivnosti pripreme.

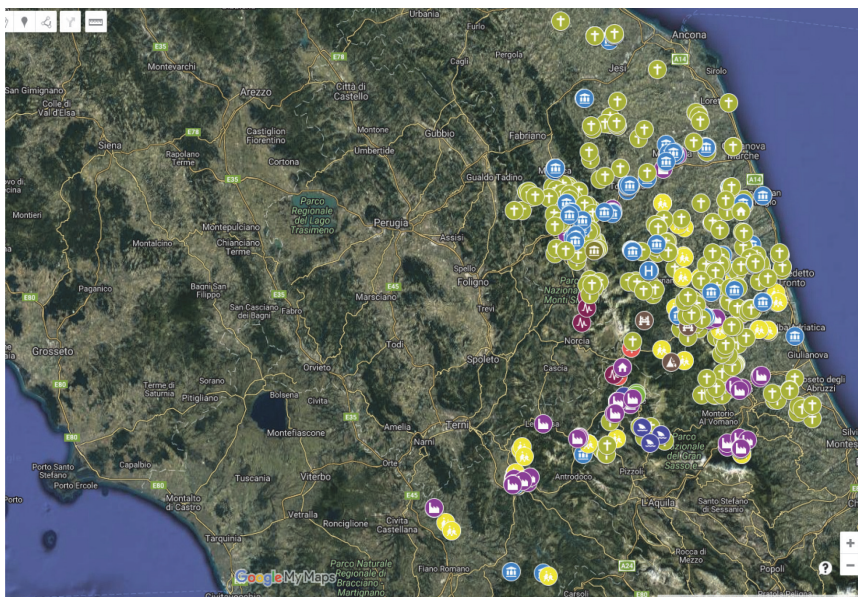
3.2. Terenska aktivnost

Od 24. kolovoza pokreću se interni postupci uzbune za upravljanje i koordinaciju aktivnosti. Za te je svrhe u koordinacijski centar CPD-a (odnosno Di.Coma.C) u Rietiju poslan časnik za vezu EUCENTRE-a koji je izravno dostupan za pripremu interventnih strategija u koje je EUCENTRE bio uključen i za omogućavanje lakšeg plana u odnosu na druge jedinice unutar CPD-ovog upravljanja hitnim situacijama. Navedena osoba bila je referenca za EUCENTRE-ove timove na terenu.

U fazi koja je prethodila nizu potresa krajem listopada 2016., Zavod se uglavnom usredotočio na škole, javne zgrade i crkve; ukupno 193 procjene. Zatim je, od studenoga 2016. do svibnja 2017., provedeno 516 različitih procjena: uobičajen pregled zgrada za različite namjene (obrazovne ustanove, javne zgrade, trgovine itd.), pregled montažnih objekata, dodatna provjera prethodno pregledanih zgrada, timovi za tehničku podršku, izviđanje procjene iskoristivosti klizišta, mostova,

brana i spomenika. Aktivnosti su se uglavnom provodile u regiji Marche i u manjoj mjeri u Laziju i Abruzzu (slika 7.) na različitim građevinama s različitim vrstama konstrukcije i za heterogenu upotrebu (tablica 1.). Udjeli ishoda bili su prilično različiti, a ovisili su o vrsti pregledane zgrade (slika 8.), gdje se ishodi kreću od "A" (u potpunosti uporabljivo), "B" (uprabljivo uz mjere hitnih intervencija), "C" (djelomično uporabljivo), "D" (potreban dodatni pregled), do "E" (potpuno neuprabljivo). Ishod "F" povezan je s neuprabljivošću, no ne zbog stanja same zgrade, već zbog vanjskog rizika. Povijesne zidane zgrade očekivano su pretrpjele veću štetu u odnosu na druge vrste građevina.

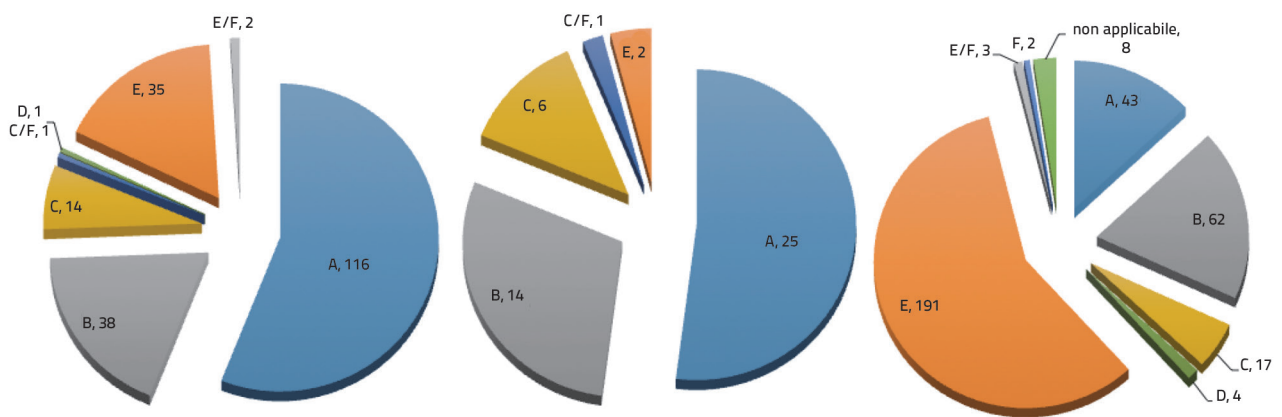
Ispitivanja spomenika na pogođenim područjima provedena su pod zajedničkom koordinacijom Odjela civilne zaštite i Ministarstva kulturne baštine i turizma, u suradnji s konzorcijem Reluis (Talijanska mreža sveučilišnih laboratorija za potresno inženjerstvo).



Slika 7. Karta ispitanih dijelova (zelena – crkve, ljubičasta – industrije, plava – javne zgrade)

Tablica 1. Upotreba pregledanih građevina i vrsta anketnih obrazaca

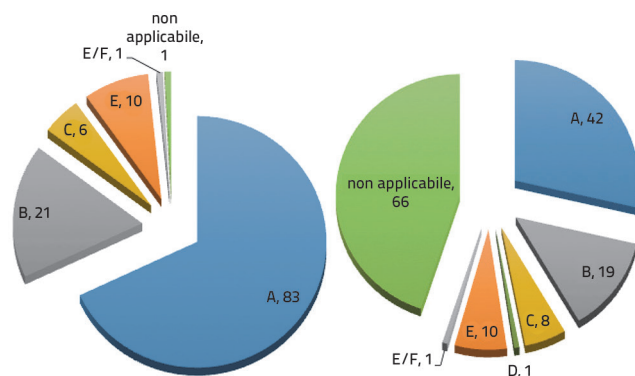
Primjena \ Tip zgrade	Obične zgrade	Crkve	Povijesne zgrade	Montažni objekti	Ostalo	Ukupno
Ostale javne zgrade	63	2	65	16	1	147
Poslovne zgrade	3					3
Sakralne građevine		329	20			349
Klizišta/brane/geo					1	1
Mostovi/vijadukti			1		2	3
Proizvodni pogoni	6			19		25
Zgrade za stanovanje	7		26			33
Turizam	15		1	2		18
Zgrade za rekreaciju	5			3		8
Zgrade obrazovnih ustanova	113			8	1	122
Ukupno	212	331	113	48	5	709



Slika 8. Ishodi uporabljivosti: obične zgrade (lijevo), montažne zgrade (u sredini) i crkve (desno)

U prvom krugu pregleda (prije 26. listopada), zajednički tim EUCENTRE-a i Sveučilišta u Paviji bio je dostupan svaki tjedan. Pregledane su ukupno 93 crkve u pokrajinama Ascoli Piceno, Macerata, Fermo, L'Aquila i Teramo. U drugom krugu pregleda (od siječnja do ožujka), Zavod je zajamčio tjedno prisutnost najmanje dvaju timova. Ispitano je 238 crkava i 112 palača uz popunjavanje obrazaca za crkvene i povijesne građevine. Za potonje se procjenjivalo samo oštećenje, bez ikakve procjene uporabljivosti. Kao što je prikazano na slici 8. (desno), 61 % crkava više nije bilo uporabljivo. Većina njih bile su povijesne zidane građevine.

Od studenog 2016. do siječnja 2017. djelovao je i tim specijaliziran za montažne konstrukcije koji je uglavnom procjenjivao proizvodne, prihvatne ili poslovne zgrade; ukupno 48 montažnih zgrada. Kao što se vidi na slici 8. (u sredini), 52 % pregledanih zgrada bilo je u potpunosti uporabljivo. Većina obrazaca za zgrade (82 %) odnosila se na uobičajene preglede škola ili javnih zgrada (tablica 1.). One su uglavnom bile u potpunosti uporabljive (68 % škola i 52 % pregledanih javnih zgrada), dok je samo 9 %, odnosno 13 % bilo je potpuno neuporabljivo (slika 9.).



Slika 9. Ishodi uporabljivostiškola (lijevo) i ostalih javnih zgrada (desno)

3.3. Ostale tehničke, znanstvene i aktivnosti širenja

Radi potpunjavanja slike o EUCENTRE-ovoj ulozi u nedavnoj hitnoj situaciji nakon potresa, opisan je niz aktivnosti koje Zavod provodi na volonterskoj osnovi. Među njima su najvažnija bila tehničko-znanstvena izviđanja u suradnji s međunarodno poznatim istraživačkim institutima. Od 5. do 8. rujna 2016. EUCENTRE sudjelovao je u prvom geotehničkom izviđanju nakon događaja u okviru GEER tima (tj. tima za geotehničko izviđanje ekstremnih događaja, eng. *Geotechnical Extreme Events Reconnaissance* - GEER) u provincijama Rieti, Ascoli Piceno, L'Aquila i Perugia. Povezane aktivnosti izvještavaju se preko sintetiziranih tehničkih izvješća koja se objavljuju neposredno nakon događaja [28] i preko detaljnijeg izvješća [29] s dodatnim studijama.

Od 12. do 16. rujna 2016. EUCENTRE pridružio se Istraživačkom institutu za potresno inženjerstvo (eng. *Earthquake Engineering Research Institute* - EERI) u tehničkom izvidničkom posjetu središnjoj Italiji u sklopu programa *Learning from Earthquakes* (LFE), radi proučavanja utjecaja potresa na pogođena područja. Na kraju misije, tim je podijelio iskustvo na mrežnom izviđačkom seminaru koji je dostupan na Clearinghouse web-stranici [30]. Nadalje, misija se provodila od 8. do 12. svibnja 2017. kako bi se procijenili učinci važnog potresnog roja do kojeg je došlo između listopada 2016. i siječnja 2017.

Od 18. do 21. listopada 2016. EUCENTRE pridružio se AFPS timu (*Association Française du Génie Parasismique*) u izviđanju nakon događaja provedenog u pokrajinama Rieti, Ascoli Piceno i L'Aquila na branama Scandarello, Poggio Cancelli, Rio Fucino i Sella Pedicate. Rezultati misije bili su uključeni u poglavlja "Brane" i "Potporni zidovi, zaštita od odrona kamena i cestovni nasipi" izvješća GEER-a [24] i u poglavlju o branama izvješća AFPS-a [31].

Konačno, EUCENTRE pridružio se stručnjacima za potresnu geotehniku, geologiju, seizmologiju i geomatiku GEER tima za Italiju i SAD, koji je provodio glavnu fazu ispitivanja klizišta s LIDAR-om i bespilotnim letjelicama od 30. studenog do

5. prosinca 2016. O takvim se aktivnostima izvješćuje u sintetiziranom sažetku [32] i u detaljnom tehničkom izvješću [33].

Odjel za civilnu zaštitu, u ime talijanske vlade, početkom prosinca 2016. zatražio je od konzorcija Reluis hitnu procjenu mogućnosti obnove/popravka škola koje su ocijenjene kao neuporabljive, s ciljem podrške odluke o ponovnom pokretanju prekinutih školskih aktivnosti. Zajednički timovi Sveučilišta u Paviji i EUCENTRE-a procijenili su četiri škole u Forceu, Faleroneu, Montaltu delle Marche i Acquasanti Termeu.

Po završetku svoje misije, EUCENTRE uključio se u aspekte širenja koji se odnose na potrese, a posebice u: a) povremena ažuriranja na web-stranici vezano za trenutačne aktivnosti, a koja je imala gotovo 34.000 posjetitelja iz nacionalne i međunarodne zajednice od kolovoza 2016. do ožujka 2017., b) web-stranicu "Clearinghouse" na talijanskom i engleskom jeziku, zajedno s EERI-jem, za prikupljanje znanstvenih izvještaja, članaka, medija itd., koju obrađuje i nadopunjava znanstvena zajednica, a koja je imala više od 8.000 posjetitelja u istom razdoblju; iii. webinar o izviđačkoj misiji EERI i seminar "Potresi u središnjoj Italiji od kolovoza do listopada 2016.", vrijedno mjesto za razmjenu i raspravu s kolegama iz INGV-a.

4. Zaključak

Kao i tijekom glavnih potresnih događaja koji su pogodili Italiju tijekom posljednjeg desetljeća, ali i nakon potresa u Amatriceu, Zavod EUCENTRE djeluje kao hitna tehnička podrška nacionalnom Odjelu civilne zaštite i s nizom dodatnih tehničkih i znanstvenih aktivnosti.

Tijekom devet mjeseci nakon prvog dugotrajnog niza potresa, prema potrebama i zahtjevima, aktivnosti su uključivale izradu scenarija štete, eksperimentalnu dijagnostiku i numeričku procjenu građevina i infrastrukture, kao i izviđanje štete.

Terensko iskustvo EUCENTRE-a i kolega koji su sudjelovali u hitnim situacijama još je jedan od dokaza neupitnog potencijala sustava, ali je tu i niz usvojenih lekcija koje su korisne za poboljšanje sustava, ali i za tehničko upravljanje u hitnim situacijama, i u okviru alata za podršku pri donošenju odluka i terenskih operacija.

Glede sustava za podršku pri donošenju odluka, moguće je ojačati platforme za definiranje scenarija rizika od potresa i štete ažuriranjem baze podataka, posebice u odnosu na uključivanje drugih strateških infrastruktura poput bolnica, vatrogasnih postaja, industrijskih postrojenja kod kojih postoji visok rizik od nesreća, a sve navedeno iznimno je važno za upravljanje u hitnim situacijama [4]. Na taj bi način scenarij štete mogao postati uvodni element za analizu transportne infrastrukture koja se zasad provodi samo za cestovni sustav i za sustav koji integrira ceste, pomorske luke i zračne luke. Izgledan put za ažuriranje baze podataka mogao bi biti otvaranje platforme zajednici korisnika koja bi mogla imati koristi od rezultata dobivenih procjenom rizika od potresa s jedne strane, a s druge bi strane ta zajednica mogla ispraviti ili nadopuniti informacije o građevinama.

Uključivanje lokalnih učinaka pojačavanja koji se procjenjuju studijama seizmičke mikrozonacije financiranim temeljem nacionalnog zakona [34], a čija je integracija u tijeku, moglo bi biti korisno za predviđanja scenarija potresa.

Kako bi se poboljšala procjena scenarija štete na stambenim zgradama, savjetuje se povećana razina pojedinosti unutar baze podataka o izloženosti informacijama; navedene bi pojedinosti uključivale podatke o prostornoj raspodjeli zgrada i podatke koji bi mogli omogućiti bolji opis oštećenosti. Zgrade se zasad razmatraju samo u smislu sastava fonda zgrada unutar općine. Također, integracija fenomena akumulacije oštećenja u modele procjene oštećenosti bila bi ključna točka u slučaju višestrukih udara velikih magnituda, kao što je to bio slučaj u središnjoj Italiji 30. listopada 2016. To će omogućiti modeliranje neizbježne promjene odgovoru konstrukcija zgrada koje su već bile pogođene potresima.

Daljnji korak naprijed odnosio bi se na uključivanje podataka o gospodarskoj vrijednosti imovine zgrade kako bi se scenariji mogli nadopuniti procjenom gubitaka uzrokovanih izravnim i neizravnim štetama (tj. procjene mreže). S ovom vrstom procjene, "dionici" koji su potencijalno zainteresirani za rezultate platforme bile bi svjetske osiguravajuće kuće i vladine agencije koje su obvezne dodijeliti resurse za obnovu.

Kad se govori o terenskim operacijama, ažuriranje alata za procjenu oštećenja prema modernoj tehnologiji koja je sada svima dostupna bila je primarna i nužna potreba: u vezi s ovim pitanjem budućnost leži u prikupljanju podataka putem webappa za sve sadšanje obrasce za ispitivanja. Važna prednost webappa je ta što se može upotrebljavati na različitim operativnim sustavima (Android, MacOS, Windows Mobile itd.), ali je dalje neovisna o uvjetima povezivanja putem lokalnog spremanja. Pametno prikupljanje podataka, zajedno s odgovarajućim sustavom upravljanja, omogućilo bi iznimne prednosti u hitnim situacijama poput: i. mogućnosti registracije tehničara na daljinu, ii. registracije zadataka vezano za procjene, iii. razmjene podataka (kontakti, adrese inspekcija itd.) na platformi na oblaku, iv. osnovne automatizirane provjere dovršenosti ("pogreška"), v. automatizirane logičke kontrole ("upozorenje"), vi. isporuke obrazaca za ispitivanje u stvarnom vremenu, vii. automatizirane pohrane podataka; viii. automatizirane izrade statistike rezultata procjena i njihovo uključivanje na karte teritorija radi pružanja podrške donositeljima odluka prilikom upravljanja u hitnim situacijama.

Na taj bi se način smanjila količina birokracije i teritorijalne raspršenosti tehničara i povećao broj procjena, resursi za ručno pohranjivanje podataka prenamijenili bi se, a smanjila bi se mogućnost slučajnih pogrešaka povezanih s ručnim unosom i mogućnost pogrešaka zbog nepotpunih obrazaca s podacima. Tehničkom stručnjaku za procjene pružit će se pomoć u njegovoj procjeni s pomoću alata za logičku dosljednost.

Danas, s obzirom na to da se mnogo službene dokumentacije u tijelima javne uprave obrađuje elektroničkim putem, upravljanje privatnošću, sigurnošću i sigurnom prijavom problemi su kojima se može doskočiti s pomoću postojeće tehnologije. Vjeruje

se da je sposobnost uspostavljanja takvog sustava kao što je aktivnost pripravnosti sada dostigla dovoljnu zrelost.

Također, potrebno je napomenuti da bi takav sustav, kao u mnogim slučajevima prakse javne uprave, bio poveziv i s tradicionalnim metodama za one tehničare kojima sadašnji sustav odgovara (prema našem mišljenju taj se broj smanjuje), ali i općenito za one kojima je potrebna podrška prilikom podnošenja obrazaca za ocjenjivanje: poteškoće koje uzrokuju tradicionalne metode znatno bi se smanjile, a učinkovitost u globalnom upravljanju bi se povećala.

Sljedeći problem odnosi se na nedovoljan broj tehničara koji su u mogućnosti sastaviti ispitne obrasce. Budući da je postupak obuke na tom polju danas dobro definiran u smislu trajanja i sadržaja, prikladno rješenje moglo bi uključivati pripremu standardnih snimljenih modula, odnosno kroz sustav e-učenja. Na taj bi se način osposobio znatno veći broj polaznika, a cijena bila bi zanemariva. Također, moguće je primijeniti i usluge virtualne podrške na regionalnoj ili sveučilišnoj razini.

Bez obzira na izvrstan rad mnogih aktera koji su bili dionici ovih dramatičnih događaja, smatra se da i dalje postoji prostor za poboljšanje sustava s pomoću alata koji su dostupni u okviru aktivnosti za pripremu, a sve to uključuje različite potencijalne dionike i iskorištavanje punog potencijala tehnološkog napretka. Kad se govori o europskoj ljestvici, kao što je već spomenuto, ASA modul implementiran je u okviru UCPM-a (Mehanizam civilne zaštite Unije) kao mogućnost pružanja potpore u hitnim situacijama na međunarodnoj razini. Unutar ovog okvira

može se razmotriti nekoliko mogućnosti doprinosa UCPM-u: podržavanjem razvoja operativnih postupaka za prikupljanje podataka i analizu za istraživanje oštećenja, potom u okviru obuke kroz razmjenu iskustava i najboljih praksi, do potencijalne uključenosti u rescEU ili Europske udružene kapacitete za civilnu zaštitu, [4].

Glede platforme za scenarije štete, bilo bi iznimno korisno primijeniti ju u Koordinacijski centar za odgovor na hitne situacije (EERC) kako bi se u većim razmjerima situacija vizualno procijenila radi organizacije intervencije na najkritičnijim područjima i bolje koordinacije kapaciteta za odgovor na hitne situacije. Platforma bi se mogla integrirati u postojeće alate razvijene u okviru DG-ECHO projekata o praćenju višestrukih opasnosti za omogućavanje moćnog alata za procjenu rizika, uz mogućnost kolektivnog stvaranja baze tehničkih stručnjaka koji će biti u mogućnosti podržati ERCC u s obzirom na procjene stanja u kriznim situacijama.

Zahvala

Posao proveden tijekom devet mjeseci aktivnosti nakon potresa u središnjoj Italiji u velikoj su mjeri financijski podržali nacionalni Odjel civilne zaštite i Ministarstvo kulturne baštine i turizma, na čemu su autori zahvalni. Iskrena hvala osoblju EUCENTRE-a koje je pokazalo veliku operativnu dostupnost i fleksibilnost u terenskom radu u svakom okruženju, uz uobičajene institucionalne aktivnosti koje nikada nisu bile prekinute u značajnoj mjeri.

LITERATURA

- [1] Dipartimento della Protezione Civile, Progetto Esecutivo DPC-EUCENTRE 2005-2008, Strumenti innovativi per la valutazione sperimentale del danno e della vulnerabilità sismica delle strutture, rapporto conclusive, 2008.
- [2] EU Official Journal L 347 (2013): Decision No 1313/2013/EU of the European Parliament and of the Council of 17 December 2013 on a Union Civil Protection Mechanism. 20.12.2013
- [3] EU Official Journal L 20 (2008), 2008/73/EC, Euratom: Commission Decision of 20 December 2007 amending Decision 2004/277/EC, Euratom as regards rules for the implementation of Council Decision 2007/779/EC, Euratom establishing a Community civil protection mechanism
- [4] COM/2017/0772 final - 2017/0309 (COD), Proposal for a decision of the European Parliament and of the Council amending Decision No 1313/2013/EU on a Union Civil Protection Mechanism
- [5] DG Environment, (2007), STEP - Strategies and Tools for Early Post-Earthquake Assessment, EC, GA 070402/2007/460822
- [6] Casarotti, C., Dacarro, F., Pavese, A., Peloso, S.: Mobile Unit for fast experimental post-earthquake vulnerability assessment. XIII Convegno ANIDIS, Bologna, Italy, 2009
- [7] DG ECHO, (2010), DRHOUSE - Development of Rapid Highly-specialized Operative Units for Structural Evaluation, EC, GA 070405/2010/565717/SUB/C3
- [8] Dolce, M., Goretti, A., Pavese, A., Ponticelli, L.: Il Macromodulo Build-Safe del Progetto Europeo DrHouse, L'Ingegneria Sismica in Italia (ANIDIS 2011), Bari, 2011
- [9] Dolce, M., Goretti, A., Pavese, A., Ponticelli, L.: The Build-Safe Macromodule of the DrHouse Project, 15th World Conference On Earthquake Engineering (15 WCEE 2012), Paper No. 5376, Lisbon, Portugal, 2012
- [10] Casarotti, C., Pavese, A.: DRHOUSE project: the ASA module for the post earthquake structural assessment, 4th International Disaster and Risk Conference IDRC Davos 2012, Davos, Switzerland, 2012
- [11] DG ECHO, (2014), MATILDA - Multinational Module on damage assessment and countermeasures, EC, GA ECHO/SUB/2014/693835
- [12] Dolce, M., Goretti, A., Pavese, A., Casarotti, C., Ponticelli, L., Bolognese, C.: DrHouse Project. The Patras, Greece, exercise of the Build-Safe macromodule, L'Ingegneria Sismica in Italia (ANIDIS 2013), Padova, 2013
- [13] ModEX in Tritolwerk / Austria June 2016, official video, www.youtube.com/watch?v=WjLWX2EXRg0, 25.03.2021
- [14] Casarotti, C., Pavese, A., Peloso, S.: Seismic Response of the San Salvatore Hospital of Coppito (L'Aquila) during the 6th April 2009 earthquake, Progettazione Sismica, (2009) 3, Special Abruzzo, Italian (pp. 163-176) and English (pp. 159-172)

- [15] Casarotti, C., Peloso, S., Pavese, A.: Seismic response of the hospital facilities during the 2009 Abruzzi earthquake, 14th European Conference On Earthquake Engineering (14 ECEE 2010), Paper No. 673, Ohrid, Macedonia, 30 Aug - 03 Sept 2010
- [16] Casarotti, C., Pavese, A., Peloso, S.: Valutazione delle strutture nella fase post terremoto. Il modulo sviluppato da Eucentre e l'attività sul campo, *Progettazione Sismica*, (2012) 3, pp. 37-48
- [17] Emilia, Italy Earthquake Clearinghouse, www.eqclearinghouse.org/2012-05-20-italy-it, 25.03.2021
- [18] Central Italy Earthquakes Clearinghouse, <http://learningfromearthquakes.org/2016-08-24-central-italy/>, 25.03.2021
- [19] Dolce, M., Giordano, F., Speranza, E., Borzi, B., Bocchi, F., Conte, C., Di Meo, A., Faravelli, M., Pascale, V.: Da.D.O - Uno strumento per la consultazione e la comparazione del danno osservato relativo ai più significativi eventi sismici in Italia dal 1976, *L'Ingegneria Sismica in Italia (ANIDIS 2017)*, Pistoia, 2017
- [20] Da.D.O (Database di Danno Osservato), egeos.eucentre.it/danno_osservato/web/danno_osservato, 25.03.2021
- [21] Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 23 febbraio 2006: Approvazione dei modelli per il rilevamento dei danni, a seguito di eventi calamitosi, ai beni appartenenti al patrimonio culturale. (GU Serie Generale n.55 del 07-03-2006)
- [22] Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 8 luglio 2014: Istituzione del Nucleo Tecnico Nazionale (NTN) per il rilievo del danno e la valutazione di agibilità nell'emergenza post-sismica e approvazione dell'aggiornamento del modello per il rilevamento dei danni, pronto intervento e agibilità per edifici ordinari nell'emergenza post-sismica e del relativo manuale di compilazione. (14A07921) (GU Serie Generale n.243 del 18-10-2014)
- [23] Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 14 gennaio 2015: approvazione della Scheda di valutazione di danno e agibilità post-sisma per edifici a struttura prefabbricata o di grande luce GL-AeDES e del relativo Manuale di compilazione. Modifica della Scheda AeDES, di cui al decreto del Presidente del Consiglio dei ministri 8 luglio 2014. (15A01918) (GU Serie Generale n.61 del 14-03-2015).
- [24] Cauzzi, C., Faccioli, E.: Broadband (0.05 to 20 s) prediction of displacement response spectra based on worldwide digital records, *Journal of Seismology*, 12 (2008) 4, pp. 453-475.
- [25] Boore, D.M., Atkinson, G.M.: Ground motion prediction equations for the average horizontal component of PGA, PGV, and 5 %-damped PSA at spectral periods between 0.01 and 10.0 s, *Earthquake Spectra*, 24 (2008), pp. 99-138.
- [26] Akkar, S., Bommer, J.J.: Empirical equations for the prediction of PGA, PGV, and spectral accelerations in Europe, the Mediterranean Region, and the Middle East, *Seismological Research Letters*, 81 (2010) 2, pp. 195-206.
- [27] Bindi, D., Pacor, F., Luzi, L., Puglia, R., Massa, M., Ameri, G., Paolucci, R.: Ground motion prediction equations derived from the Italian strong motion database, *Bull Earthquake Eng*, (2011) 9, pp. 1899-1920
- [28] Stewart, J.P., Lanzo G.: Engineering Reconnaissance following the 2016 M6.0 Central Italy Earthquake: Ver 1, GEER Association Report N. GEER-050A, (2016), [HTTPS://DOI.ORG/10.18118/G65K5W](https://doi.org/10.18118/G65K5W)
- [29] Lanzo, G., Stewart, J.P.: Engineering Reconnaissance of the 24 August 2016 Central Italy Earthquake. Version 2, GEER Association Report N. GEER-050B, (2016), [HTTPS://DOI.ORG/10.18118/G61S3Z](https://doi.org/10.18118/G61S3Z)
- [30] 2016 Central Italy Earthquake – Lessons from the Field, <https://www.youtube.com/watch?v=OCfO6s5x1Rs>, 25.03.2021
- [31] Balgiu, A., Combesure, D., Duchez, A., Dujarric, C., Taillefer, N., Tesser, L.: AFPS preliminary report of the field survey in central Italy, after the earthquake of August 24 2016, 16th World Conference on Earthquake Engineering, 16WCEE 2017, Santiago Chile, January 9-13 2017, paper 5007, 2017
- [32] Lanzo, G., Stewart, J.P.: Engineering Reconnaissance following the October 2016 Central Italy Earthquakes, GEER Association Report N. GEER-050C, (2017), [HTTPS://DOI.ORG/10.18118/G6S88H](https://doi.org/10.18118/G6S88H)
- [33] Stewart, J.P., Lanzo, G.: Engineering Reconnaissance following the October 2016 Central Italy Earthquakes, Version 2, GEER Association Report N. GEER-050D, (2017), [HTTPS://DOI.ORG/10.18118/G6H539](https://doi.org/10.18118/G6H539)
- [34] Legge 24 giugno 2009, n. 77, Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 28 aprile 2009, n. 39, recante interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici nella regione Abruzzo nel mese di aprile 2009 e ulteriori interventi urgenti di protezione civile. (09G0088), GU 147 del 27 giugno 2009