

Emilia 2012: l'intervento e le attività della Protezione Civile durante la fase di emergenza sismica

Emilia 2012: Civil Protection intervention and activities during the seismic emergency phase

Mauro Dolce¹, Daniela Di Bucci¹ ■

Sommario

Nel maggio 2012, una severa sequenza sismica ha colpito la parte centrale della Pianura Padana, con due scosse principali di magnitudo locale 5.9 (20 maggio) e 5.8 (29 maggio) e con un'intensità massima pari al VII-VIII grado della scala MCS. Le attività emergenziali, come di consueto, si sono svolte sotto il coordinamento del Dipartimento della Protezione Civile, nel quadro generale dato dalle componenti e dalle strutture operative del Servizio Nazionale della Protezione Civile. Numerose attività tecniche si sono affiancate al soccorso e all'assistenza alla popolazione, e hanno visto il diretto coinvolgimento del DPC. Tra queste si ricordano: l'acquisizione e la disseminazione dei dati della Rete Accelerometrica Nazionale e dell'Osservatorio Sismico delle Strutture del DPC; l'approccio di protezione civile ai fenomeni di liquefazione; l'analisi del danno e le verifiche di agibilità; la regolamentazione delle verifiche delle strutture industriali per il rapido ripristino delle attività produttive in condizioni di sicurezza; le azioni intraprese a seguito di valutazioni fornite dalla Commissione Grandi Rischi sulla possibile evoluzione della sequenza sismica.

Abstract

In May 2012, a severe seismic sequence occurred in the central part of the Po Plain (Northern Italy). It was characterized by two main shocks displaying local magnitudes 5.9 (on May 20th) and 5.8 (on May 29th), respectively; the maximum observed intensity was VII-VIII in the MCS scale. The emergency response was coordinated as usual by the Department of Civil Protection, within the general framework provided by the components and operational structures of the National Service of Civil Protection. Many technical activities, carried out in addition to the search and rescue and the assistance to the population, have seen the DPC playing a major role. Among these, mentioning is deserved by: the acquisition and dissemination of the accelerometric data from the National Accelerometric Network and the Seismic Observatory of the Structures, owned and operated by DPC; the approach to the liquefaction phenomena in a civil protection perspective; the damage and building safety assessment; the regulations for the warehouses in safe conditions assessment for a rapid re-establishment of the productive activities; the actions undertaken on the basis of the evaluations provided by the Grandi Rischi Commission on the possible evolution of the seismic sequence.

1. Introduzione

1.1 Il terremoto dell'Emilia del 2012

Nel maggio 2012, una severa sequenza sismica ha colpito la parte centrale della Pianura Padana. La prima scossa principale si è verificata alle ore 4.03 del 20 maggio, con epicentro a circa 30 km a ovest di Ferrara, magnitudo locale M_l 5.9 (M_w 5.86; Scognamiglio et al., 2012), e ha causato 7 vittime.

Pochi giorni dopo, il 29 maggio, si è verificato un secondo *mainshock* con una magnitudo locale M_l 5.8 (M_w 5.66; Scognamiglio et al., 2012) ed epicentro posto circa 20 km a ovest

della prima scossa principale. Questo secondo evento ha peggiorato il quadro di danneggiamento dell'area e ha causato la morte di altre 19 persone.

Nel complesso, l'intera sequenza sismica è formata da migliaia di scosse, in sette casi di magnitudo $M_l \geq 5.0$, l'ultimo il 3 giugno 2012. La sequenza sismica è ancora in corso, con alcuni eventi per settimana (2005-2012 ISIDe; Mele et al., 2007). La distribuzione degli *aftershock* copre un'area estesa per oltre 50 km in direzione ONO-ESE. Le profondità ipocentrali sono concentrate in prevalenza nei primi 15 km

¹ Dipartimento della Protezione Civile - www.protezionecivile.gov.it

della crosta terrestre (Marzorati et al., 2012). Il danneggiamento nell'area epicentrale è caratterizzato da un'intensità massima pari al VII-VIII della scala MCS (Galli et al., 2012), e all'VIII della scala EMS (INGV-QUEST; Tertulliani et al., 2012). Entrambi questi valori sono riferiti al danno cumulato delle due scosse principali. La massima accelerazione di picco orizzontale registrata dalla Rete Accelerometrica Nazionale del Dipartimento della Protezione Civile (RAN-DPC) è stata di circa 300 cm/s^2 , ai siti di Mirandola e San Felice sul Panaro, nell'area epicentrale, mentre un valore massimo di 900 cm/s^2 è stato registrato sulla componente verticale al sito di Mirandola.

I meccanismi focali delle scosse principali e delle repliche maggiori mostrano tutti cinematica inversa su piani nodali orientati circa E-O (Pondrelli et al., 2012). Ciò risulta in buon accordo con l'assetto tettonico dell'area, i cui sovrascorimenti attivi a vergenza settentrionale, che formano la parte frontale del cuneo orogenico nord-Appenninico, sono sepolti dalla spessa copertura sedimentaria della Pianura Padana (Bigi et al., 1992; Burrato et al., 2003; Toscani et al., 2009). Pertanto, le faglie sismogeniche sono cieche e, infatti, non sono stati osservati fenomeni di fagliazione superficiale primaria.

Una deformazione topografica areale è stata invece messa in luce dalle analisi satellitari di tipo interferometrico, che hanno permesso di osservare un sollevamento cosismico massimo di circa 12 cm (Salvi et al., 2012). Questo sollevamento ha la forma di due aree ellittiche, rispettivamente per le due scosse principali, che corrispondono alle sorgenti sismogeniche attivate in profondità. Vistosi effetti cosismici hanno inoltre accompagnato questa deformazione, tra cui spiccano fratture del suolo e importanti fenomeni di liquefazione (Di Manna et al., 2012; Caputo et al., 2012).

Dal punto di vista storico, il terremoto dell'Emilia del 2012 si è verificato in un territorio che già in passato era stato colpito da altri eventi sismici di bassa o moderata energia (CPT111; Rovida et al., 2011). Terremoti storici con valori di magnitudo intorno a 5.5 sono noti nei dintorni di Ferrara (1346, 1561) e nelle zone di Finale Emilia e Bondeno (1574, 1908, 1986), Mantova (1901) e Cento (1922). Tuttavia, secondo Castelli et al. (2012), questo quadro potrebbe essere incompleto, come suggerito dalla scoperta recente di un terremoto in precedenza sconosciuto, verificatosi nel 1639, la cui massima intensità è stata stimata del VII-VIII grado MCS (Camassi et al., 2011).

Il terremoto storico meglio conosciuto per quest'area è certamente quello di Ferrara del 1570 (M_w 5.4). Con questo nome, in realtà, si fa rife-

rimento a una lunga sequenza sismica iniziata il 17 novembre 1570 con 4 scosse che causarono un severo danneggiamento strutturale e collassi parziali a Ferrara e nei dintorni (Guidoboni et al., 2007). La sequenza è proseguita poi discontinuamente fino al 17 marzo 1574, quando l'ultima scossa di cui si siano trovate testimonianze causò danni a Finale Emilia. Altri terremoti storici che meritano di essere menzionati sono quello di Argenta del 1624 (M_w 5.4), con intensità VIII-IX MCS proprio ad Argenta (Guidoboni et al., 2007), nonché gli eventi sismici del 1796 (M_w 5.6) e del 1909 (M_w 5.5). Infine, molti terremoti moderati si sono verificati nell'area di Carpi-Reggio, tra cui il terremoto di Correggio del 1996 (M_w 5.4).

In termini di effetti, le più gravi conseguenze si sono avute nei confronti di tre categorie di edifici: gli edifici monumentali (chiese, campanili, torri, castelli, palazzi monumentali), gli edifici ad uso produttivo, i cosiddetti capannoni industriali soprattutto a tipologia prefabbricata, e gli edifici rurali ad uso agricolo, soprattutto magazzini e depositi, per lo più in muratura. Al contrario, gli edifici "ordinari", ossia edifici a uno o più piani per abitazione, uffici, scuole, hanno subito danni relativamente modesti, considerata la magnitudo delle due scosse, tanto che le intensità macrosismiche, la cui determinazione è basata per l'appunto su tali danni, è risultata inferiore a quanto ci si potesse aspettare (Galli et al., 2012; Tertulliani et al., 2012). Occorre peraltro notare che il territorio colpito era stato classificato in zona sismica, in particolare in zona 3, solo di recente, dopo l'emanazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, e dunque la grandissima parte degli edifici, anche quelli moderni, erano stati progettati ed eseguiti senza provvedimenti antisismici obbligatori. Non vi è dubbio che una tale selettività degli effetti sulle costruzioni non possa non attribuirsi alle peculiarità spettrali delle scosse, caratterizzate da notevoli amplificazioni su periodi medio alti (al di sopra di 1 s) e da notevoli spostamenti spettrali; peculiarità che vanno ad incidere in maniera sostanziale proprio sulle tipologie edilizie che hanno subito i maggiori effetti dal terremoto (Chioccarelli et al., 2012).

Subito dopo il terremoto del 20 maggio, il Servizio Nazionale della Protezione Civile è stato attivato in tutte le sue componenti e strutture operative per affrontare la fase di emergenza, prioritariamente al fine di soccorrere il maggior numero possibile di persone e di fornire un riparo sicuro alla popolazione. La gestione della fase di emergenza è in carico a un Commissario governativo che, fino al 31 luglio 2012, è stato il Capo del Dipartimento della Protezione

Civile (DPC). A partire dall'8 giugno 2012, anche i Presidenti delle Regioni Emilia Romagna, Lombardia e Veneto sono stati nominati Commissari, con piena responsabilità sugli "interventi per la ricostruzione, l'assistenza alle popolazioni e la ripresa economica nei territori dei comuni delle province di Bologna, Modena, Ferrara, Mantova, Reggio Emilia e Rovigo", secondo quanto previsto nel Decreto-Legge 74, del 6 giugno 2012.

In questo lavoro vengono affrontati in prospettiva di protezione civile i principali problemi e le soluzioni adottate in fase di emergenza, con particolare riguardo agli aspetti tecnici.

1.2 Il quadro normativo al momento del terremoto

La gestione del terremoto dell'Emilia ha visto il Servizio Nazionale della Protezione Civile confrontarsi con un quadro normativo in materia emergenziale drasticamente cambiato, e solo da pochi giorni. Infatti, il 15 maggio 2012 il Consiglio dei Ministri aveva approvato il Decreto-Legge n. 59, recante disposizioni urgenti per il riordino della protezione civile, un vero 'terremoto' nella definizione dei compiti e delle modalità operative del sistema di protezione civile.

Rispetto alla Legge 225/1992, istitutiva del Servizio Nazionale della Protezione Civile, il DL 59/2012 cambiava la formulazione dei cosiddetti eventi di tipo c), definendoli come "calamità naturali o connesse con l'attività dell'uomo che in ragione della loro intensità ed estensione debbono, con immediatezza d'intervento, essere fronteggiati con mezzi e poteri straordinari da impiegare durante limitati e predefiniti periodi di tempo". Vengono in questo modo precisate le tempistiche per l'impiego di mezzi e poteri straordinari per fronteggiare l'emergenza.

In particolare, secondo la formulazione del DL 59/2012:

- la durata della dichiarazione dello stato di emergenza non può, di regola, superare i 60 giorni (estensibili ad altri 40 giorni);
- le ordinanze sono emanate, acquisita l'intesa delle regioni territorialmente interessate, dal Capo del Dipartimento della Protezione Civile (e non più dal Presidente del Consiglio dei Ministri), che ne cura l'attuazione;
- con le ordinanze si dispone esclusivamente in ordine all'organizzazione dei servizi di soccorso e assistenza ai soggetti colpiti dall'evento, nonché agli interventi provvisori strettamente necessari alle prime necessità nei limiti delle risorse disponibili, allo scopo finalizzate;
- le ordinanze emanate entro il ventesimo giorno dalla dichiarazione dello stato di emergenza sono immediatamente efficaci e

sono altresì trasmesse al Ministero dell'Economia e delle Finanze perché comunichi gli esiti della loro verifica al Presidente del Consiglio dei Ministri per i conseguenti provvedimenti. Successivamente al ventesimo giorno dalla dichiarazione dello stato di emergenza, le ordinanze sono emanate previo concerto del Ministero dell'Economia e delle Finanze, limitatamente ai profili finanziari.

Come si vedrà più avanti, anche sulla scorta dell'esperienza derivante dal terremoto dell'Emilia, le disposizioni del DL 59/2012 sono state in parte modificate durante l'iter parlamentare che si è concluso con la sua conversione in legge (Legge 100 del 12 luglio 2012).

2. Gestione dell'emergenza

2.1 La prima emergenza

Immediatamente dopo il terremoto del 20 maggio, un primo quadro dell'impatto di questo evento sul territorio è stato ottenuto a partire dai parametri sul sisma forniti dal Centro Nazionale Terremoti dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), che effettua la sorveglianza sismica per il sistema di protezione civile. L'INGV raccoglie in tempo reale i dati strumentali attraverso una rete nazionale costituita da circa 300 stazioni sismometriche distribuite sull'intero territorio nazionale. Dopo pochi minuti, una prima stima delle coordinate epicentrali e della magnitudo Richter vengono elaborate e inviate al DPC.

In circa mezz'ora, lo scenario di danno (Figura 1) modellato dal DPC sulla base da tali parametri attraverso il software SIGE (Bramerini & Lucantoni, 2001) ha fornito una prima stima delle conseguenze del terremoto in termini di numero di persone coinvolte in edifici crollati (tra 400 e 6000), di senzatetto (tra 27000 e 175000), e di edifici crollati o inagibili (tra 13000 e 86000), stimando altresì l'intensità macrosismica epicentrale in un grado VIII-IX MCS.

Fortunatamente, i valori medi di queste stime sono poi risultati largamente in eccesso rispetto ai numeri reali, che si sono rivelati, anche a seguito della seconda importante scossa del 29 maggio, vicini al limite inferiore degli intervalli calcolati per le diverse grandezze; ciò probabilmente a causa della tipologia di sorgente sismogenica e delle caratteristiche geologiche del sottosuolo padano, essendo i risultati del SIGE calibrati sui tipici terremoti appenninici italiani.

Come sempre in questi casi, la stima dei possibili effetti è stata poi confrontata con le informazioni che arrivavano dai presidi territoriali delle strutture operative nell'area epicentrale alla Sala Situazione Italia (SSI), la sala operativa del

Figura 1
Rapporto sintetico dello scenario di danno fornito dal software SIGE-DPC, con i dati forniti nella prima simulazione effettuata subito dopo il terremoto del 20.05.2012, ore 04.03 locali.



DPC. Inoltre, un'ulteriore verifica è stata poi effettuata sulla base dei dati raccolti nella prima ora dopo l'evento dalla rete RAN-DPC, che il Dipartimento detiene e gestisce. Queste informazioni consentivano, già nelle prime ore, di ridimensionare la proiezione sugli effetti fornita da SIGE.

In meno di un'ora dall'evento sismico del 20 maggio, alcuni *team* di esperti del DPC sono partiti alla volta dell'area epicentrale per effettuare una prima ricognizione della distribuzione del danno (Galli et al., 2012). In prima istanza, il loro lavoro era volto a definire quali località fossero caratterizzate da un livello di danno da moderato ad alto, al fine di indirizzare correttamente le prime azioni di soccorso alla popolazione. Da questa ricognizione è risultata un'intensità massima pari al VII grado della scala MCS. Una seconda valutazione del campo macrosismico si è resa necessaria dopo la seconda scossa principale del 29 maggio, che ha causato ulteriori danni ed esteso il quadro complessivo del danneggiamento. Alla fine del rilievo macrosismico, oltre 190 località erano state rilevate e classificate in termini di effetti, espressi in gradi della scala MCS. La massima intensità raggiunta, nel cumulo degli effetti della sequenza sismica, è stata del VII-VIII grado MCS. È importante sottolineare che in questo caso, a differenza di casi precedenti in Italia, il rilievo macrosismico non è stato impiegato come parametro di riferimento per la distribuzione dei fondi dell'emergenza ai comuni.

Come si è detto, non appena avuta notizia dell'evento sismico del 20 maggio è stato attivato tutto il Servizio Nazionale della Protezione Civile, il cui mandato è quello di tutelare l'integrità della vita, i beni, gli insediamenti e l'am-

biente dai danni o dal pericolo di danni derivanti da calamità naturali, da catastrofi e da altri eventi calamitosi. Il Servizio Nazionale della Protezione Civile è stato istituito formalmente con la Legge 225/1992. La Legge individua nel DPC l'organo di coordinamento di cui si avvale la Presidenza del Consiglio dei Ministri per il conseguimento delle finalità del Servizio Nazionale della Protezione Civile, ovvero la promozione e il coordinamento delle attività delle amministrazioni dello Stato, centrali e periferiche, delle Regioni, delle Province, dei Comuni, degli Enti pubblici nazionali e territoriali e di ogni altra istituzione ed organizzazione pubblica e privata presente sul territorio nazionale.

Il DPC opera all'interno della Presidenza del Consiglio dei Ministri, collocazione che permette uno stretto contatto con il Presidente del Consiglio dei Ministri, da cui deriva l'autorità necessaria per il coordinamento delle diverse funzioni durante la risposta all'emergenza determinata dal verificarsi di una catastrofe.

Le amministrazioni dello Stato, le Regioni, le Province, i Comuni e le Comunità montane, gli Enti pubblici, gli Istituti ed i gruppi di ricerca scientifica con finalità di protezione civile e ogni altra istituzione ed organizzazione anche privata, nonché i cittadini ed i gruppi associati di volontariato civile, gli ordini ed i collegi professionali, sono componenti del Servizio Nazionale della Protezione Civile e cooperano strettamente in caso di emergenza nazionale. In particolare, le strutture operative del Ministero dell'Interno, cioè il Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, le Forze di Polizia e le Prefetture, e del Ministero della Difesa, cioè l'Esercito, l'Aeronautica, la Marina e i Carabinieri, contribuiscono alle

azioni di protezione civile insieme al Corpo Forestale dello Stato e alla Guardia di Finanza. Sono inoltre parte del sistema i gestori delle reti stradale e autostradale, delle ferrovie, come anche i fornitori dei servizi essenziali, quali l'energia elettrica e le telecomunicazioni. Infine, un significativo punto di forza del sistema è rappresentato dalla stretta interazione con la comunità scientifica e accademica attraverso i Centri di Competenza del DPC. Questa collaborazione punta a trasporre in tempi rapidi le informazioni tecnico-scientifiche nel sistema decisionale e operativo.

Il 20 maggio, mentre erano in corso le prime attività di valutazione sul campo, una serie di azioni venivano intraprese a livello centrale per attivare l'organizzazione di soccorso e assistenza alla popolazione del Servizio Nazionale della Protezione Civile, secondo la seguente tempistica:

- h. 4.03: accadimento del terremoto;
- h. 4.30: convocazione a Roma del Comitato Operativo, che include componenti e strutture operative del Servizio Nazionale della Protezione Civile;
- h. 5.00: partenza da Roma verso l'area epicentrale delle prime squadre del DPC, con l'obiettivo di avviare l'organizzazione delle attività emergenziali sul territorio e di effettuare il rilievo macrosismico del danno;
- h. 6.00: inizio dei lavori del Comitato Operativo, che rimarrà insediato fino al 23 maggio.

Il 22 maggio 2012 il Consiglio dei Ministri, riconosciuta la gravità dell'evento accaduto, ha dichiarato lo stato di emergenza per 60 giorni, in accordo con il DL 59/2012 descritto nella sezione 1.2, per le province di Modena, Ferrara, Bologna e Mantova, sotto il coordinamento del Capo del Dipartimento della Protezione Civile. Il totale dei fondi reso disponibile per la gestione dell'emergenza è pari a 50 milioni di Euro, allocati dal Ministero dell'Economia e Finanze con il Decreto n. 45301 del 22 maggio 2012.

Con il verificarsi della successiva scossa principale del 29 maggio, sono state intraprese ulteriori azioni sia al livello centrale che nell'area epicentrale:

- h 9.00: accadimento del terremoto;
- h. 10.30: convocazione a Roma del Comitato Operativo, che rimarrà insediato fino al 2 giugno.

Il 30 maggio il Consiglio dei Ministri ha esteso lo stato di emergenza alle province di Reggio Emilia e Rovigo e rinnovato il termine dei 60 giorni. Successivamente, con l'ordinanza n. 3 del 2 giugno 2012 è stata istituita a Bologna la Direzione di Comando e Controllo (Di.Coma.C.)

per coordinare componenti e strutture operative impegnate nel soccorso e assistenza alla popolazione e negli interventi provvisori. Le strutture della Regione Emilia Romagna hanno costituito parte integrante della Di.Coma.C. La scelta di utilizzare il quartier generale della Protezione Civile della Regione Emilia Romagna a Bologna è stata di particolare importanza per un'ottimale gestione delle fasi di emergenza e post-emergenza. La Di.Coma.C. è stata dunque ubicata nel palazzo sede della Protezione Civile della Regione Emilia Romagna e vi è rimasta fino alla fine di luglio del 2012, cioè fino alla fine del mandato ricevuto dal DPC per la gestione dell'emergenza. Attraverso la Di.Coma.C., il DPC ha coordinato, di concerto con la protezione civile della Regione Emilia Romagna, le attività di assistenza alla popolazione, relative, tra l'altro:

- agli interventi finalizzati all'assistenza in aree e strutture di accoglienza e negli alberghi;
- alle adozioni delle misure volte al monitoraggio e all'erogazione del Contributo di Autonoma Sistemazione;
- all'allestimento, gestione e dismissione delle aree e delle strutture di accoglienza;
- al censimento del danno e alle valutazioni di agibilità degli edifici;
- all'istruttoria delle richieste di opere provvisori urgenti;
- all'istruttoria finalizzata al rilascio delle autorizzazioni alla spesa;
- al raccordo con i Centri di coordinamento di livello locale e con le strutture statuali.

2.2 Ricerca, soccorso e assistenza alla popolazione

Come si è visto, le operazioni di ricerca, soccorso e assistenza sono iniziate poche ore dopo il terremoto del 20 maggio, e sono continuate con maggiore intensità dopo la seconda scossa principale del 29 maggio. Il numero finale delle vittime ammonta, purtroppo, a 26.

Nella tabella 1 è riportato il numero di operatori delle principali componenti del Servizio Nazionale della Protezione Civile (Vigili del Fuoco, Volontariato ed altri) e dei relativi mezzi nel momento di massimo dispiegamento. Alla fine di luglio 2012, gli operatori ancora in azione erano più di 3200. La popolazione assistita ammonta a un massimo di 14.871 persone in Emilia Romagna, 1583 in Lombardia e 64 in Veneto.

A partire dalle necessità ipotizzate in base ai propri modelli di calcolo e verificate nell'interazione con il territorio, il DPC, in coordinamento con le Autorità regionali, ha attivato colonne mobili da Friuli Venezia Giulia, Marche, Toscana, Umbria e Veneto, nonché quelle dell'Associazione Nazionale degli Alpini e dell'As-

Tabella 1 – Numero di operatori e mezzi delle principali componenti del Servizio Nazionale della Protezione Civile al massimo picco di dispiegamento dei soccorsi

Principali componenti del SNPC	Operatori	Mezzi
Vigili del Fuoco	1247	643
Carabinieri	884	431
Forze Armate	367	74
Forze di Polizia	302	95
Volontariato	2617	600
Totale	5417	1843

sociazione Nazionale Pubbliche Assistenze (A.N.P.A.S.), al fine di dare supporto alla risposta locale.

A livello locale sono stati attivati diversi centri operativi, al fine di garantire capillarmente il coordinamento delle azioni di emergenza sul territorio. In particolare, sono stati attivati Centri di Coordinamento Provinciale (CCP) nelle province di Modena, Ferrara, Bologna e Reggio Emilia, Centri Operativi Comunali (COC) in numerosi comuni e, infine, Centri di Coordinamento Territoriale (CCT) nelle province di Rovigo e Mantova.

Per gestire le necessità di assistenza della numerosa popolazione colpita dal terremoto, nonostante molti abbiano trovato soluzioni autonome, sono state predisposte soluzioni abitative temporanee di diversa tipologia, tra cui campi tende (Figura 2) e alberghi. In particolare, in Emilia Romagna sono stati allestiti 36 campi, per un totale di 1.600 tende. Inoltre, sono stati individuati 226 alberghi in cui è stata registrata la presenza di alcune migliaia di cittadini, con un numero che è variato nel tempo in funzione dei bisogni di assistenza manifestati. È stato anche favorito l'uso di tende per permettere agli agricoltori di alloggiare nei pressi delle proprie aziende, incoraggiando così il mantenimento delle proprie attività. Inoltre, 20 campi tende sono stati allestiti in Lombardia, mentre in Veneto non è stato necessario ricorrere a questa soluzione abitativa, stante l'esiguo numero di sfollati.

Figura 2
Immagini di due campi
tende.



3. Attività tecniche

3.1 Acquisizione e disseminazione dei dati della Rete Accelerometrica Nazionale (RAN) e dell'Osservatorio Sismico delle Strutture (OSS) del DPC

Ad oggi, la RAN (Gorini et al., 2010) conta 468 stazioni digitali in teletrasmissione, in grado di garantire una densa copertura di tutte le aree ad alta pericolosità sismica del territorio nazionale, con densità proporzionale al livello di pericolosità (Dolce, 2011a). A titolo d'esempio, solo sul territorio dell'Emilia Romagna erano presenti 25 postazioni permanenti della RAN. Pochi secondi dopo la scossa, cominciavano ad arrivare alla centrale di acquisizione dati della RAN i parametri di scuotimento del suolo e le forme d'onda complete dalle stazioni nell'area epicentrale e dalle stazioni più lontane. Il primo *mainshock*, il più forte, è stato registrato fino a 489 km di distanza, alla stazione RAN di San Nicandro Garganico. I valori delle accelerazioni di picco epicentrali hanno raggiunto 300 cm/s^2 sulla componente verticale e 260 cm/s^2 sull'orizzontale nella stazione di Mirandola; questi valori sono stati confrontati con quelli ipotizzati dal calcolo di scenario, fornendo un ulteriore elemento di verifica e vincolo per quest'ultimo.

In tabella 2 è riportata la lista dei parametri derivati dalle forme d'onda registrate il 20 maggio da 5 stazioni che si trovavano nel raggio di 50 km dall'epicentro.

Dopo la scossa principale del 20 maggio sono

Tabella 2 – Dati accelerometrici RAN-DPC (stazioni permanenti) per la scossa del 20 maggio 2012 relativi a cinque stazioni nel raggio di 50 km dall'epicentro. dist = distanza epicentrale; Td=durata; (Trifunac e Brady, 1975); PGA, PGV, PGD = accelerazione, velocità e spostamento di picco al suolo; PSA03, PSA10, PSA30 = accelerazione spettrale a 0.3, 1.0, 3.0 s; Housner = intensità spettrale di Housner; Arias = intensità di Arias; EMS = intensità strumentale EMS (Faccioli e Cauzzi, 2006)

Origin time: 20/05/2012 2.03.53 Lat. 44.890 Lon. 11.230 Mj 5.9 Agency: INGV

sta	chan km	dist s	Td cm/s*s	PGA cm/s	PGV cm	PGD cm/s*s	PSA03 cm/s*s	PSA10 cm/s*s	PSA30 cm	Housner cm/s	Arias	Location
MRN	HGZ	17	6	3.0e+02	5.9e+00	2.3e+00	1.9e+02	4.3e+01	1.3e+01	2.4e+01	4.5e+01	Mirandola
MRN	HGE	17	6	2.6e+02	3.0e+01	9.2e+00	8.3e+02	2.8e+02	4.9e+01	1.1e+02	6.4e+01	Mirandola
MRN	HGN	17	6	2.6e+02	4.7e+01	1.4e+01	7.3e+02	5.5e+02	7.6e+01	1.7e+02	7.8e+01	Mirandola
MDN	HGZ	40	23	2.9e+01	1.6e+00	1.2e+00	7.7e+01	2.8e+01	4.5e+00	7.4e+00	1.2e+00	Modena
MDN	HGN	40	32	3.3e+01	3.8e+00	3.4e+00	7.2e+01	5.4e+01	9.5e+00	1.7e+01	2.4e+00	Modena
MDN	HGE	40	30	3.6e+01	6.9e+00	4.6e+00	6.9e+01	6.3e+01	1.5e+01	2.0e+01	3.2e+00	Modena
NVL	HGN	41	16	5.1e+01	2.4e+00	1.4e+00	1.3e+02	2.9e+01	7.3e+00	1.0e+01	2.4e+00	Novellara
NVL	HGE	41	16	4.7e+01	2.8e+00	9.9e-01	9.5e+01	2.8e+01	7.6e+00	1.1e+01	2.5e+00	Novellara
NVL	HGZ	41	20	2.9e+01	1.0e+00	2.7e+00	2.6e+01	4.7e+00	2.7e+00	3.1e+00	8.4e-01	Novellara
ZPP	HGZ	42	49	2.0e+01	2.0e+00	2.2e+00	4.4e+01	1.7e+01	7.4e+00	6.8e+00	8.0e-01	Zola_Pedrosa_Piana
ZPP	HGE	42	61	1.6e+01	3.3e+00	5.6e+00	3.2e+01	4.0e+01	1.1e+01	1.2e+01	1.4e+00	Zola_Pedrosa_Piana
ZPP	HGN	42	46	2.3e+01	4.3e+00	4.4e+00	5.1e+01	6.0e+01	1.8e+01	2.1e+01	2.6e+00	Zola_Pedrosa_Piana
ISD	HGE	49	55	1.3e+01	2.1e+00	2.8e+00	3.6e+01	2.6e+01	1.1e+01	1.0e+01	8.4e-01	Isola_Della_Scala
ISD	HGZ	49	63	9.0e+00	1.2e+00	2.9e+00	1.8e+01	9.2e+00	6.6e+00	3.1e+00	1.9e-01	Isola_Della_Scala
ISD	HGN	49	53	1.6e+01	1.8e+00	1.0e+00	3.3e+01	2.8e+01	9.1e+00	1.0e+01	8.4e-01	Isola_Della_Scala

Tabella 3 – Dati accelerometrici RAN-DPC (stazioni permanenti e temporanee, queste ultime identificate dal suffisso temp nel nome della località) per la scossa del 29 maggio 2012 da nove stazioni nel raggio di 25 km dall'epicentro. dist = distanza epicentrale; Td =durata; (Trifunac e Brady, 1975); PGA, PGV, PGD = accelerazione, velocità e spostamento di picco al suolo; PSA03, PSA10, PSA30 = accelerazione spettrale a 0.3, 1.0, 3.0 s; Housner = intensità spettrale di Housner; Arias = intensità di Arias; EMS = intensità strumentale EMS (Faccioli e Cauzzi, 2006)

Origin time: 29/05/2012 h:07:00:03 Lat. 44.851 Lon. 11.086 Mj 5.8 Agency: INGV

sta	chan km	dist s	Td cm/s*s	PGA cm/s	PGV cm	PGD cm/s*s	PSA03 cm/s*s	PSA10 cm/s*s	PSA30 cm	Housner cm/s	Arias	Location
MRN	HGZ	2	5	9.0e+02	2.8e+01	1.1e+01	3.7e+02	9.1e+01	3.0e+01	5.3e+01	3.0e+02	Mirandola
MRN	HGE	2	8	2.2e+02	2.9e+01	9.2e+00	5.0e+02	1.7e+02	8.1e+01	1.0e+02	7.2e+01	Mirandola
MRN	HGN	2	7	2.9e+02	5.7e+01	1.8e+01	7.0e+02	3.7e+02	1.5e+02	1.8e+02	1.2e+02	Mirandola
SANO	HGN	4	7	2.2e+02	3.6e+01	1.2e+01	5.7e+02	2.0e+02	1.1e+02	1.2e+02	5.0e+01	San_Felice_sul_Panaro_temp
SANO	HGZ	4	4	3.0e+02	9.0e+00	4.9e+00	3.0e+02	4.8e+01	2.1e+01	3.0e+01	4.1e+01	San_Felice_sul_Panaro_temp
SANO	HGE	4	7	1.7e+02	2.1e+01	1.6e+01	3.6e+02	1.9e+02	8.1e+01	8.2e+01	2.9e+01	San_Felice_sul_Panaro_temp
RAVO	HGZ	15	9	6.3e+01	1.7e+00	1.2e+00	9.2e+01	1.6e+01	3.3e+00	6.7e+00	2.3e+00	Ravarino_temp
RAVO	HGE	15	15	5.8e+01	6.2e+00	1.4e+00	1.1e+02	7.2e+01	1.3e+01	2.1e+01	2.9e+00	Ravarino_temp
RAVO	HGN	15	13	8.2e+01	9.7e+00	6.0e+00	2.4e+02	1.5e+02	2.0e+01	3.4e+01	6.5e+00	Ravarino_temp
SMSO	HGZ	15	7	1.2e+02	3.1e+00	1.2e+00	1.0e+02	1.6e+01	8.2e+00	1.2e+01	1.3e+01	San_Martino_Spino_temp
SMSO	HGE	15	6	1.8e+02	1.3e+01	4.5e+00	6.0e+02	1.4e+02	2.8e+01	6.2e+01	4.3e+01	San_Martino_Spino_temp
SMSO	HGN	15	9	1.7e+02	1.4e+01	4.2e+00	3.5e+02	1.7e+02	3.7e+01	6.1e+01	3.0e+01	San_Martino_Spino_temp
FINO	HGZ	16	6	2.1e+02	3.0e+00	9.8e-01	1.2e+02	2.1e+01	1.3e+01	1.5e+01	3.0e+01	Finale_Emilia_temp
FINO	HGE	16	9	2.1e+02	1.8e+01	3.2e+00	3.7e+02	1.5e+02	2.9e+01	5.7e+01	2.8e+01	Finale_Emilia_temp
FINO	HGN	16	9	2.3e+02	1.7e+01	2.9e+00	5.1e+02	1.0e+02	2.6e+01	5.3e+01	2.5e+01	Finale_Emilia_temp
MOGO	HGN	16	7	1.7e+02	2.1e+01	9.2e+00	4.4e+02	2.1e+02	3.1e+01	1.0e+02	3.7e+01	Moglia_temp
MOGO	HGZ	16	9	1.3e+02	5.1e+00	1.6e+00	2.5e+02	3.1e+01	1.9e+01	2.2e+01	1.5e+01	Moglia_temp
MOGO	HGE	16	7	2.4e+02	2.8e+01	1.7e+01	5.5e+02	2.3e+02	1.6e+01	9.4e+01	5.0e+01	Moglia_temp
CRP	HGZ	19	11	8.3e+01	2.3e+00	9.9e-01	7.8e+01	1.9e+01	1.2e+01	1.2e+01	7.0e+00	Carpi_temp
CRP	HGN	19	13	1.7e+02	6.8e+00	2.4e+00	2.0e+02	6.6e+01	1.5e+01	3.3e+01	1.9e+01	Carpi_temp
CRP	HGE	19	13	1.2e+02	9.2e+00	2.5e+00	1.9e+02	1.2e+02	1.6e+01	3.8e+01	1.5e+01	Carpi_temp
CNT	HGZ	21	9	6.4e+01	2.6e+00	8.5e-01	2.8e+02	1.7e+01	3.6e+00	9.5e+00	4.6e+00	Cento_temp
CNT	HGE	21	4	2.2e+02	1.7e+01	3.2e+00	7.9e+02	1.9e+02	2.5e+01	8.0e+01	4.2e+01	Cento_temp
CNT	HGN	21	6	2.9e+02	1.4e+01	3.6e+00	1.0e+03	1.2e+02	1.7e+01	5.6e+01	4.0e+01	Cento_temp
SAGO	HGE	25	18	7.9e+01	7.7e+00	2.0e+00	2.9e+02	5.1e+01	1.7e+01	2.8e+01	8.6e+00	Sant_Agostino_temp
SAGO	HGN	25	19	6.6e+01	6.3e+00	3.0e+00	1.8e+02	6.3e+01	1.7e+01	2.6e+01	5.5e+00	Sant_Agostino_temp
SAGO	HGZ	25	15	6.7e+01	2.2e+00	1.0e+00	7.6e+01	1.7e+01	1.4e+01	9.8e+00	3.1e+00	Sant_Agostino_temp

state installate dal DPC ulteriori 15 stazioni accelerometriche temporanee nell'area colpita dal sisma. I parametri di scuotimento del suolo relativi alla seconda scossa principale del 29 maggio, registrati nelle stazioni a distanza non superiore a 25 km dall'epicentro, sono riportati nella tabella 3. I valori delle accelerazioni di picco epicentrali hanno raggiunto 900 cm/s² sulla componente verticale e 290 cm/s² sull'orizzontale, ancora nella stazione di Mirandola. Tutti i dati registrati dalla RAN, con i parametri e le forme d'onda, sono stati pubblicati sul sito del DPC (www.protezionecivile.it; Dolce et al., Report I, II, III, 2012a, 2012b, 2012c).

Il DPC, inoltre, possiede e gestisce l'Osservatorio Sismico delle Strutture (OSS), una rete nazionale dedicata al monitoraggio permanente della risposta ai forti terremoti di circa 150 strutture tra scuole, ospedali, municipi, ponti e una diga (Dolce, 2011b). L'OSS permette di stimare, in remoto e dopo pochi minuti, il danno causato da un terremoto alle strutture monitorate e, per analogia, a quelle ad esse simili che ricadono nell'area colpita, fornendo informazioni utili alla definizione del quadro di danneggiamento e, quindi, alla pianificazione delle attività di protezione civile dopo un terremoto. A tale scopo, il parametro principale utilizzato è lo spostamento massimo di interpiano (*drift*).

In Emilia Romagna gli edifici pubblici monitorati dall'OSS sono nove, concentrati nella parte orientale ed appenninica della regione, a maggiore pericolosità sismica. In aggiunta, dopo il terremoto del 20 maggio 2012, sono stati installati anche due sistemi temporanei nelle Prefetture di Ferrara e Modena.

Nelle tabelle 4 e 5 sono riportati i valori registrati dalle stazioni dell'OSS più prossime all'epicentro della scossa del 20 maggio e del 29 maggio, rispettivamente.

Un quadro di valori indicativi dello spostamento relativo interpiano e del livello di danno associato sono riportati in tabella 6.

Tabella 6 – Livello di danno atteso rispetto a valori di riferimento del drift per edifici in cemento armato e in muratura.

	Drift ‰ Edifici in C.A.	Drift ‰ Edifici in muratura
Nessun danno	0-5	0-2
Danno lieve	5-9	2-4.5
Danno moderato	9-15	4.5-8
Danno grave	>15	>8

3.2 Fenomeni di liquefazione

Come preliminarmente richiamato nella sezione 1.1, il terremoto del 20 maggio è stato accompagnato da effetti cosismici, tra cui fratture del suolo e importanti fenomeni di liquefazione (Di Manna et al., 2012; Caputo et al., 2012), in special modo nell'area tra Mirabello, San Carlo e Sant'Agostino, zona caratterizzata dalla presenza di un paleoalveo del fiume Reno. Le liquefazioni si sono manifestate attraverso estesi sistemi di fratture, larghe da pochi centimetri ad alcuni decimetri e lunghe anche fino a 50 m. In alcuni casi si è osservata la formazione di tipici vulcanetti di fango; in altri casi, la risalita di fango è avvenuta fino a giorno attraverso pozzi per l'emungimento di acqua di largo diametro, oppure ha causato il sollevamento della pavimentazione.

Tabella 4 – Dati accelerometrici OSS-DPC per la scossa del 20 maggio 2012. d: distanza epicentrale; a_{max}: accelerazione massima registrata in g (direzioni principali in pianta X e Y; in elevazione Z); a_{g,max}: accelerazione massima registrata alla base dell'edificio in g (direzioni principali in pianta X e Y; in elevazione Z); Drift: spostamento relativo di interpiano rapportato all'altezza di piano

Sigla	Stazione	Comune	Tipologia	d (km)	ora	a _{g,max} X	a _{g,max} Y	a _{g,max} Z	a _{max} X	a _{max} Y	Drift (‰)
04ALU	Asilo Nido di Via Orsini 14 a Lugo di Romagna, N° piani:2 + seminterrato + tetto	Lugo di Romagna	Edificio in c.a.	76	02-04-01	0.00191	0.0195	0.0058	0.0425	0.0320	3.0677
22PPO	Poliambulatorio N° piani: 4	Pievepelago	Edificio in muratura	90	02-04-13	0.0016	0.0018	0.0015	0.0046	0.0049	0.0837
21SBM	Scuola Comunale "Lorenzo de' Medici" N° piani: 3	Barberino di Mugello	Edificio in c.a.	97	02-04-25	0.0018	0.0025	0.0014	0.0056	0.0055	0.0987
17SFO	Scuola Media "G. Saffi" N° piani:3 + seminterrato	Forlì	Edificio in muratura	98	02-04-29	0.0156	0.0109	0.0051	0.0326	0.0337	1.5231
06APF	Asilo Nido "Piccolo Blu" N° piani: 3	Forlì	Edificio in c.a.	99	02-04-11	0.0116	0.0118	0.0142	0.0280	0.0664	2.3300
07IFO	I.T.I. G. Marconi - Ampliamento N° piani: 2	Forlì	Telai in c.a. sismoresistenti	99	02-04-14	ND	ND	ND	0.0302	0.0567	3.0744
18MGI	Municipio N° piani: 3	Giuncugnago	Edificio in muratura	107	02-04-31	0.0034	0.0037	0.0027	0.0119	0.0158	0.2905
BC067	Stazione Municipale Caserma "F. Danesi" N° piani: 3	Brescia	Edificio in c.a. e muratura	109	02-04-18	0.0029	0.0013	0.0026	0.0134	0.0313	0.2559
BC064	Scuola Media "A. De Gasperi" N° piani: 4 + seminterrato	Rovereto	Edificio in muratura	111	02-04-12	0.0103	0.0228	0.0093	0.0351	0.0923	0.7550
12OFI	Ospedale Civile "S. Antonio Abate" – edificio n.4 N° piani: 4	Fivizzano	Edificio in c.a.	113	02-04-10	0.0032	0.0031	0.0039	0.0094	0.0107	0.2517
14UC	Scuola Media "Iginio Cocchi" N° piani: 2	Licciana Nardi	Edificio in c.a.	117	02-04-32	0.0027	0.0034	0.0013	0.0055	0.0061	ND
05SCE	Scuola Elementare "Salvo d'Acquisto" N° piani: 3	Cesena	Edificio in c.a.	117	02-04-37	0.0027	0.0016	0.0023	0.0043	0.0034	0.2650

Tabella 5 – Dati accelerometrici OSS-DPC per la scossa del 29 maggio 2012. d: distanza epicentrale; a_{max}: accelerazione massima registrata in g (direzioni principali in pianta X e Y; in elevazione Z); a_{g,max}: accelerazione massima registrata alla base dell'edificio in g (direzioni principali in pianta X e Y; in elevazione Z); Drift: spostamento relativo di interpiano

Sigla	Stazione	Comune	Tipologia	d (km)	ora	a _{g,max} X	a _{g,max} Y	a _{g,max} Z	a _{max} X	a _{max} Y	Fad X	Fad Y	Drift (‰)
O5M01	Prefettura di Ferrara (SISTEMA MOBILE)	Emilia Romagna	Edificio in muratura	42.47	07-01-40	0.0139	0.0162	0.0113	0.0299	0.0132	2.15	0.81	0.505
22PPO	Poliambulatorio	Pievepelago	Edificio in muratura	80.60	07-00-16	0.0013	0.0015	0.0017	0.0057	0.0037	4.26	2.49	0.064
04ALU	Asilo Nido di Via Orsini 14 a Lugo di Romagna, N° piani:2 + seminterrato + tetto	Lugo di Romagna	Edificio in c.a.	81.43	07-00-09	0.0126	0.0090	0.0034	0.0234	0.0188	1.85	2.10	0.875
21SBM	Scuola Comunale "Lorenzo de' Medici" N° piani: 3	Barberino di Mugello	Edificio in c.a.	93.66	07-00-33	0.0019	0.0022	0.0013	0.0053	0.0072	2.83	3.31	0.068
12OFI	Ospedale Civile "S. Antonio Abate" – edificio n.4 N° piani: 4	Fivizzano	Edificio in c.a.	101.95	07-00-21	0.0026	0.0030	0.0025	0.0117	0.0109	4.58	3.64	0.172
17SFO	Scuola Media "G. Saffi" N° piani:3 + seminterrato	Forlì	Edificio in muratura	102.60	07-00-31	0.0059	0.0067	0.0029	0.0142	0.0264	2.41	3.95	0.443
06APF	Asilo Nido "Piccolo Blu" N° piani: 3	Forlì	Edificio in c.a.	103.50	07-00-13	0.0054	0.0083	0.0074	0.0217	0.0406	4.05	4.90	0.802
BC067	Stazione Municipale Caserma "F. Danesi" N° piani: 3	Brescia	Edificio in c.a. e muratura	103.92	07-00-24	0.0024	0.0019	0.0040	0.0126	0.0250	5.18	13.01	0.247
BC064	Scuola Media "A. De Gasperi" N° piani: 4 + seminterrato	Rovereto	Edificio in muratura	113.97	07-01-16	0.0011	0.0012	0.0010	0.0033	0.0046	3.16	3.88	0.814
05SCE	Scuola Elementare "Salvo d'Acquisto" N° piani: 3	Cesena	Edificio in c.a.	122.62	07-00-18	0.0024	0.0015	0.0026	0.0068	0.0072	2.82	4.89	0.121
08IRI	I.T.I. Via Tambroni 24 - Rimini	Rimini	Edificio in c.a.	148.60	07-00-41	0.0065	0.0036	0.0018	0.0076	0.0201	1.17	5.51	0.388

In base alle indagini condotte da Papathanassiou et al (2012), il fenomeno è iniziato all'incirca al momento della scossa principale, dapprima con l'espulsione di acque chiare e successivamente di fango, fino ad altezze massime di circa 2 m dal suolo. La durata del fenomeno è stata compresa tra pochi minuti e qualche ora, a seconda del sito. In alcuni centri abitati, in particolare nella frazione di S. Carlo del Comune di S. Agostino, le liquefazioni hanno causato una temporanea inagibilità di alcuni edifici, la chiusura di alcune strade e l'interruzione di alcuni servizi per la rottura delle relative reti di distribuzione.

Per effettuare una valutazione approfondita degli effetti di liquefazione, con particolare riguardo al ripristino della funzionalità degli edifici, della viabilità e delle reti di servizi temporaneamente inagibili, il DPC e la Regione Emilia-Romagna hanno istituito e coordinato un "Gruppo di lavoro per la valutazione degli effetti di liquefazione a seguito dei terremoti del 20 e 29 maggio 2012 (Regione Emilia-Romagna, PG.2012.0134978 del 31/5/2012)". Si tratta di un gruppo interdisciplinare costituito da geologi, geotecnici e ingegneri strutturisti, del DPC, della Regione Emilia-Romagna, della Provincia di Ferrara, delle sezioni di geotecnica dei Dipartimenti di Ingegneria Civile dell'Università di Ferrara e Firenze, degli ordini professionali dei geologi e degli ingegneri. Inoltre, il gruppo di lavoro si è avvalso anche del contributo di istituti del CNR e di altri dipartimenti universitari.

In sintesi, la procedura seguita nel lavoro ha previsto una prima fase di verifica dell'eventuale danno strutturale degli edifici e una conseguente classificazione (verde: nessun danno, arancio: da rivedere o danno lieve; rosso: danno strutturale che rende l'edificio inagibile). In seguito,

per i soli edifici di classe verde è stata condotta una verifica di eventuali pericolosità geotecniche riguardanti le fondazioni o le aree di sedime degli edifici. È stato poi previsto lo sviluppo e la realizzazione di un programma indagini e monitoraggio, in particolare degli edifici e del livello di falda, per circoscrivere e caratterizzare il fenomeno e fornire indicazioni sul pericolo geotecnico in base all'interpretazione dei dati raccolti.

I risultati ottenuti a distanza di circa un mese dalla seconda scossa indicavano che gli effetti transitori di post-sisma del 20 e 29 maggio, dovuti alle dissipazione delle sovrappressioni interstiziali, erano esauriti, e con essi il rischio geotecnico post-sismico. L'agibilità sismica degli edifici classificati in verde, temporaneamente evacuati, è stata quindi confermata, consentendo il rientro degli abitanti. D'altra parte, il rischio che il fenomeno della liquefazione possa prodursi di nuovo, a seguito di un sisma di uguale o maggiore intensità, risulta comunque presente ed appare, quindi, opportuna un'attenta riflessione sugli interventi da porre in essere per la sua mitigazione. Gli esiti delle attività del Gruppo di lavoro sono disponibili sul sito della Regione Emilia Romagna (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/notizie/notizie-2012/istituto-un-gruppo-di-lavoro-della-regione-e-del-dpc-per-la-valutazione-degli-effetti-di-liquefazione>).

3.3 Analisi del danno e verifiche di agibilità

Come dopo ogni terremoto, la valutazione del danno e dell'agibilità degli edifici è elemento cruciale per una efficiente gestione delle fasi dell'emergenza, del post-emergenza e della ricostruzione. Tale valutazione, infatti, consente di:

1. far rientrare in sicurezza la popolazione nelle proprie case;
2. dimensionare correttamente le soluzioni abitative provvisorie, sia nella prima fase di emergenza (consistenti in campi tende, ospitalità alberghiera, contributi di autonoma sistemazione), sia nella fase post-emergenza (consistenti in moduli abitativi provvisori);
3. far riprendere al più presto le attività lavorative;
4. effettuare analisi di costo per la fase della ricostruzione, così da poter dimensionare le relative esigenze finanziarie;
5. stabilire criteri di priorità e di finanziamento per gli interventi sui singoli immobili.

Le procedure e le modalità di esecuzione dei rilievi del danno e dell'agibilità sono ormai consolidate, sia per l'esperienza quindicennale maturata nei terremoti dell'Umbria-Marche del 1997, del Pollino del 1998, del Molise-Puglia del 2002 e dell'Abruzzo del 2009, sia per l'emanazione del DPCM del 5 maggio 2011, con il quale viene definitivamente adottata a livello nazionale la scheda AeDES ed il suo manuale. Anche nel caso del terremoto emiliano, l'organizzazione dei rilievi, effettuata dall'apposita funzione presso la Di.Coma.C., ha richiesto la messa in campo di notevoli forze, sia per la gestione, effettuata di concerto con il Servizio Geologico della Regione Emilia Romagna e con l'ausilio di volontari dell'associazione LARES, sia per l'esecuzione dei rilievi, effettuata grazie alla grande disponibilità da parte dei tecnici provenienti dalle diverse regioni, dai centri di competenza ReLUIS ed EUCENTRE e dai liberi professionisti, il cui intervento è stato coordinato attraverso i consigli nazionali degli ingegneri, degli architetti e dei geometri, oltre che dai tecnici del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco. Complessivamente sono stati effettuati più di 40000 rilievi, cui corrisponde la compilazione di altrettante schede AeDES. Durante il periodo di massima operatività, l'attività dei sopralluoghi di

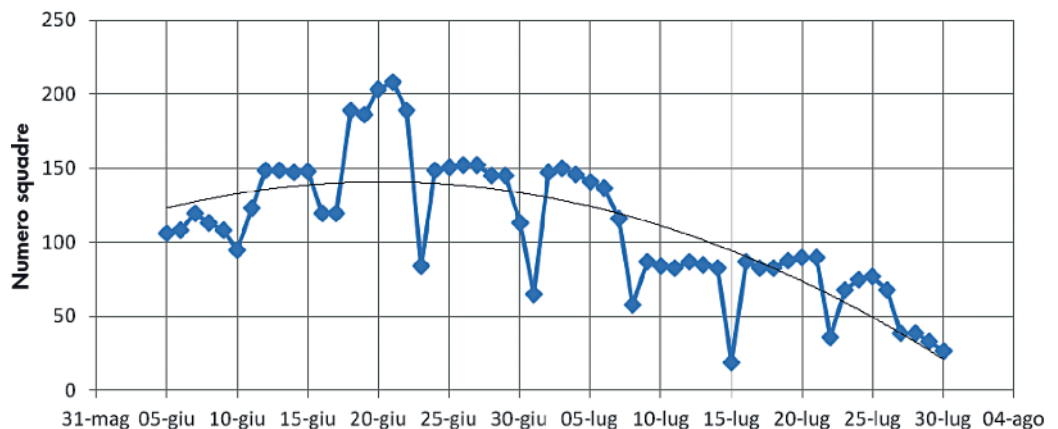
agibilità (Figura 3) ha visto sul campo un numero di circa 180 squadre/giorno (con un picco di 200 squadre), in grado di effettuare tra 1000 e 1200 sopralluoghi giornalieri. Nell'insieme sono stati impiegati circa 3000 tecnici per l'esecuzione delle ispezioni.

Gli esiti di agibilità si articolano secondo la seguente scala (Figura 4):

- A. Edificio agibile. L'edificio, anche se lievemente danneggiato, può continuare ad ospitare le funzioni a cui era destinato, rimanendo ragionevolmente protetta la vita umana nel caso di scossa successiva almeno pari a quella che ha motivato le ispezioni.
- B. Edificio agibile solo a seguito di lavori di pronto intervento. È il caso tipico di un edificio con assenti o limitati danni strutturali, ma con elevati danni non strutturali, la cui messa in sicurezza consente l'uso dell'edificio come per edificio classificato A.
- C. Edificio parzialmente agibile. È il caso di un edificio con assenti o limitati danni strutturali, ma con elevati danni non strutturali, localizzati in una parte dello stesso. L'eventuale collasso parziale o totale della parte inagibile non deve comportare rischio nella parte dichiarata agibile.
- D. Edificio da rivedere. Riguarda il caso in cui esistano un quadro di danneggiamento atipico o situazioni geologiche, geotecniche o di altro tipo, che richiedono un approfondimento specifico. Si tratta sempre e comunque di una ulteriore analisi visiva.
- E. Edificio inagibile, a seguito di almeno una delle seguenti condizioni: alto rischio strutturale, alto rischio non strutturale, alto rischio esterno o alto rischio geotecnico.
- F. Edificio inagibile per solo rischio esterno.

La distribuzione degli esiti di agibilità riportata in Figura 4 merita alcuni commenti per una sua corretta interpretazione. Infatti, la percentuale di edifici agibili (esito A), dell'ordine del 37%, è significativamente più bassa di quella ottenuta

Figura 3
Andamento del numero giornaliero di squadre impiegate nei rilievi del danno e dell'agibilità fino al 30 luglio 2012.



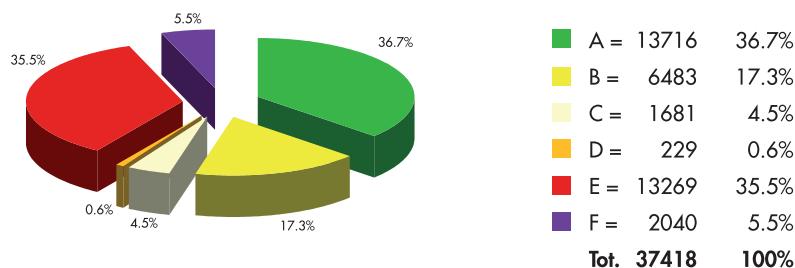


Figura 4
Distribuzione degli esiti di
agibilità al 3 agosto 2012.

dopo il terremoto dell'Abruzzo del 2009 (Dolce et al., 2009), pari a più del 50%, e corrisponde all'incirca a quella degli edifici totalmente inagibili (esito E), che in Abruzzo era pari invece a circa il 25%. E ciò nonostante il fatto che le intensità macrosismiche riscontrate in quell'occasione fossero superiori di un grado, nei loro valori massimi, a quelle riscontrate dopo il terremoto emiliano. In realtà, le ragioni di tale apparente contraddizione si ritrovano in maniera evidente nelle modalità di organizzazione dei rilievi: nel terremoto abruzzese i rilievi sono stati effettuati a tappeto, ossia su tutti gli edifici, nei comuni a cui era stata assegnata un'intensità MCS superiore al VI grado. Nel terremoto emiliano, invece, l'ispezione di agibilità di un edificio è stata effettuata solo su richiesta del proprietario o degli inquilini e previa una visita preliminare per una verifica speditiva dell'agibilità che, nel caso di esito positivo (ossia assenza di danneggiamento), consentiva di evitare la visita più accurata effettuata con la procedura AeDES.

3.4 La verifica degli edifici ad uso produttivo e i relativi provvedimenti

Le scosse del 20 e, soprattutto, del 29 maggio hanno messo in grande risalto la notevole vulnerabilità sismica degli edifici ad uso produttivo industriale, vulnerabilità determinata dall'assenza di disposizioni antisismiche all'epoca della realizzazione ed esaltata, come detto in precedenza, dalle caratteristiche spettrali delle scosse della sequenza sismica emiliana dovute alla tipologia di sottosuolo. Quello che è risultato evidente, in ogni caso, è che i crolli e i pesanti danneggiamenti subiti erano ascrivibili fondamentalmente, pur se non esclusivamente, alla mancanza di collegamenti tra elementi strutturali orizzontali (travi, copponi) ed elementi strutturali verticali (pilastri) prefabbricati, alla presenza di elementi prefabbricati di tamponatura molto pesanti e ancorati alla struttura principale in maniera inadeguata o tale da determinare sfavorevoli interazioni, alla presenza di scaffalature di notevole altezza poco o non controventate, con contenuti molto pesanti, che nel loro crollo andavano a sollecitare orizzontal-

mente in maniera impropria la struttura principale, favorendone il collasso.

Non interessa qui esaminare nello specifico gli aspetti tecnico-scientifici, oggetto di altri articoli in questo volume, quanto descrivere le azioni svolte per il superamento del problema in termini operativi, attraverso le ordinanze di protezione civile e i successivi provvedimenti di legge. Dopo la scossa del 29 maggio, è apparso del tutto evidente come le valutazioni di agibilità post-sismica non potessero basarsi sulla metodologia adottata per gli edifici ordinari (caratterizzati da strutture continue in c.a. o in muratura, con luci contenute e per lo più multipiano, in particolare), né sull'uso della scheda AeDES, tanto che era stato istituito presso il DPC un gruppo di lavoro per la messa a punto di una scheda per le strutture prefabbricate, né, tantomeno, su ispezioni a vista dal basso, senza la possibilità di accertare la presenza e lo stato dei collegamenti. Per questo motivo il Capo del Dipartimento della Protezione Civile ha emanato l'Ordinanza del 02.06.12, n. 2, recante: "procedure per la valutazione della sicurezza e dell'agibilità sismica degli edifici ad uso produttivo in conseguenza degli eventi sismici che hanno colpito il territorio delle province di Bologna, Modena, Ferrara, Reggio Emilia, Mantova e Rovigo nel mese di maggio 2012". L'unico articolo di tale ordinanza recita: "Al fine di favorire la rapida ripresa delle attività produttive e delle normali condizioni di vita e di lavoro in condizioni di sicurezza adeguate, nei comuni interessati dai fenomeni sismici iniziati il 20 maggio 2012 individuati nell'allegato 1 alla presente ordinanza, il titolare dell'attività produttiva, in quanto responsabile della sicurezza dei luoghi di lavoro ai sensi del D.Lgs. 9 aprile 2008 n. 81 e successive modifiche e integrazioni, deve acquisire la certificazione di agibilità sismica rilasciata, a seguito di verifica di sicurezza effettuata ai sensi delle norme tecniche vigenti, da un professionista abilitato, e depositare la predetta certificazione al Comune territorialmente competente. I Comuni trasmettono periodicamente alle strutture di coordinamento istituite a livello territoriale gli elenchi delle certificazioni depositate".

Ulteriori motivazioni per l'adozione di questo

provvedimento e per l'individuazione dei comuni cui esso si applica sono determinate dalle seguenti considerazioni:

- La durata del periodo sismico verificatosi in occasione del terremoto del 1570, di quasi 4 anni, doveva far considerare l'ipotesi che la crisi sismica non si fosse ancora esaurita e che scosse di magnitudo superiore a 5.5 potessero e possano verificarsi nei successivi giorni/settimane/mesi, o anche anni, con epicentro diverso da quelli delle scosse principali di M 5.9 e M 5.8 del 20 e del 29 maggio, così da determinare localmente risentimenti, e quindi effetti, superiori a quelli sperimentati con le due scosse principali dette (considerazione poi confermata nella riunione della Commissione Grandi Rischi del 5 giugno, descritta più avanti);
- La sequenza si stava sviluppando lungo l'arco di *thrust* ben individuato nella direzione Est-Ovest, per un lunghezza di una sessantina di chilometri. Sino a quel momento la sequenza aveva visto 7 terremoti di magnitudo superiore a 5, distribuiti lungo l'intero arco, oltre che numerose altre scosse di magnitudo superiore a 3.5 distribuite sulla stessa area.

L'ambito territoriale di applicazione del provvedimento doveva essere individuato con riferimento alla possibilità che si potesse determinare nel prossimo futuro una scossa di magnitudo superiore a 5.5. Per seguire un criterio più oggettivo e corretto possibile, si sono individuati tutti gli epicentri delle scosse di magnitudo superiore a 3.5,

nell'ipotesi che questi stessi possano essere epicentri di terremoti violenti, essendo i relativi ipocentri disposti lungo la struttura sismogenica attivata. Si è poi considerata un'area circolare di raggio 10 km centrata su ciascuno di essi, e si sono individuati tutti i comuni interessati, totalmente o parzialmente, assumendo che tali cerchi possano rappresentare le aree di forte risentimento (*near-fault*) nei quali sono massimi gli effetti. Il risultato di questa operazione è riportato graficamente nella Figura 5.

Il dispositivo è stato poi ripreso e perfezionato sia nel D.L. 74, sia nella successiva legge di conversione n. 122 del 7 agosto 2012. In particolare, nella versione definitiva formulata nei commi 7, 8, 9, 10 dell'art. 3 della Legge 122/2012, il provvedimento nella sostanza stabilisce l'obbligo di realizzazione dei collegamenti, in caso di loro assenza o inadeguatezza, tra gli elementi strutturali orizzontali e verticali e tra le tamponature e la struttura, nonché di adeguate controventature delle scaffalature, oltre ad eventuali ulteriori interventi qualora siano evidenti altre carenze strutturali. Gli interventi strutturali appartengono alla categoria degli "interventi locali" ai sensi delle norme tecniche delle costruzioni (NTC08 emanate con D.M. 14 gennaio 2008), e richiedono perciò solo la verifica di resistenza locale e non la verifica di sicurezza globale della struttura. La verifica di sicurezza globale non è richiesta per le costruzioni che hanno manifestato comportamenti elastici durante le scosse (ossia che non hanno subito danni) e che ricadono nel territorio nel quale

Figura 5
Mappa dei 52 comuni in un raggio di 10 km dagli epicentri della sequenza con M≥3.5



l'entità delle azioni sismiche subite durante la sequenza è superiore almeno al 70% dell'azione sismica di progetto per la verifica dello stato limite di salvaguardia della vita, secondo le NTC08. Tale valutazione viene effettuata sulla base delle mappe di scuotimento pubblicate dall'INGV sul proprio sito. Le strutture soggette a verifica, qualora l'esito fornisca una capacità resistente inadeguata a sostenere un'azione sismica pari almeno al 60% dell'azione sismica di progetto, devono essere soggette ad intervento di miglioramento, finalizzato a raggiungere almeno tale livello di capacità, secondo una tempistica inversamente proporzionale alla capacità attuale della costruzione, fino ad un massimo di otto anni, fermo restando che, comunque, debbono essere stati effettuati gli interventi locali detti.

Per favorire i progettisti nella progettazione e la realizzazione degli interventi detti, il DPC, insieme con ReLUI, CNI e ASSOBETON, si è fatto promotore della redazione delle "Linee di indirizzo per gli interventi locali e globali su edifici industriali monopiano non progettati con criteri antisismici", la cui prima bozza è stata resa disponibile il 19 giugno 2012.

4. La possibile evoluzione della sequenza sismica: valutazioni della Commissione Grandi Rischi

4.1 Le valutazioni fornite dalla CGR

La Commissione per la previsione e la prevenzione dei grandi rischi - Settore rischio sismico si era riunita per analizzare le problematiche della pericolosità e rischio sismico nell'area della Pianura Padana, avvalendosi degli studi presentati dai maggiori esperti nazionali in materia, una prima volta il 29 gennaio 2009, a seguito delle tre scosse del 25 gennaio nei pressi di Verona (magnitudo 4.2 e profondità ipocentrale circa 10 km), dello stesso giorno nella provincia di Reggio Emilia (magnitudo 4.9 e profondità ipocentrale circa 33 km), e del 27 gennaio nella provincia di Parma (magnitudo 5.4 e profondità ipocentrale circa 60 km).

A seguito delle scosse del 20 e 29 maggio, la Commissione si è riunita il 5 giugno 2012, e il 7 giugno ha inviato al Capo del DPC le proprie analisi e conclusioni sulla possibile evoluzione della sequenza in corso in Emilia, riassunte in un comunicato di sintesi che è stato reso pubblico. Nel comunicato, oltre a ribadire che non esistono a tutt'oggi metodi scientifici attendibili di previsione dei terremoti nel breve periodo, e che comunque la migliore strategia per una efficace azione di prevenzione consiste in azioni mirate alla riduzione della vulnerabilità del patrimonio edilizio, la Commissione ha formulato alcuni

orientamenti sull'evoluzione della sequenza, in base alle conoscenze sul sottosuolo dell'area in esame e alla luce degli eventi sismici avvenuti a partire dal 20 maggio.

Come specificato nel comunicato, "La Commissione ha fornito le seguenti interpretazioni sugli elementi principali della possibile evoluzione dei fenomeni sismici in corso:

- nei segmenti centrale e occidentale della struttura che hanno già registrato gli eventi di maggiori dimensioni - tra Finale Emilia e Mirandola - le scosse di assestamento stanno decrescendo in numero e dimensione;
- nel caso di una ripresa dell'attività sismica nell'area già interessata dalla sequenza in corso, è significativa la probabilità che si attivi il segmento compreso tra Finale Emilia e Ferrara con eventi paragonabili ai maggiori eventi registrati nella sequenza;
- non si può altresì escludere l'eventualità che, pur con minore probabilità, l'attività sismica si estenda in aree limitrofe a quella già attivata sino ad ora".

L'affermazione riguardante la significativa probabilità di attivazione di un segmento di faglia compreso tra Finale Emilia e Ferrara, con possibile rilascio di eventi sismici severi, ha determinato l'avvio di una serie di azioni, intraprese dall'intero sistema di protezione civile con il coordinamento del DPC, volte a minimizzare il rischio legato a tale eventualità.

4.2 Le azioni intraprese dal Servizio Nazionale di Protezione Civile

Le iniziative intraprese sono state indirizzate al potenziamento delle misure di prevenzione, al rafforzamento del sistema nazionale di risposta all'emergenza, alla verifica dei sistemi locali di gestione dell'emergenza e all'informazione ai cittadini, nell'area indicata come più pericolosa nel caso di evoluzione della sequenza sismica. A tale scopo è stato definito uno scenario sismico degli effetti con riferimento ad una scossa di magnitudo 6, così da graduare un potenziamento delle misure di prevenzione nell'area interessata, effettuando, in particolare, un'analisi speditiva della vulnerabilità del centro storico della città di Ferrara (Figura 6), anche ai fini di un miglioramento del piano comunale di emergenza. Tale attività è stata completata in breve tempo (Figura 7), grazie alla collaborazione volontaria di ingegneri, individuati dal CNI, e di geometri tirocinanti, individuati dall'AGEPRO, con la collaborazione della Cassa Nazionale Geometri. I dati del rilievo sono stati messi immediatamente a disposizione del Comune di Ferrara.

I Centri di Coordinamento Provinciali sono stati invitati ad avviare una ricognizione dei piani di

Figura 6
Delimitazione del centro storico di Ferrara soggetto ad analisi della vulnerabilità.



emergenza comunali e, tramite i Sindaci, ad effettuare una verifica speditiva della vulnerabilità delle strutture finalizzate a garantire, anche in emergenza, la funzionalità dei servizi essenziali. Al Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco e alle Forze Armate è stata richiesta la predisposizione di un piano speditivo di rapido afflusso dei soccorsi in caso di ulteriore emergenza, con una programmazione dell'incremento del rispettivo personale nell'area.

Inoltre, per una puntuale e corretta informazione alla popolazione, si è provveduto a:

- pubblicare sul sito web del DPC gli esiti delle analisi condotte dalla CGR, proponendo inoltre le domande più frequenti (FAQ, frequently asked questions) sul tema e le relative risposte;

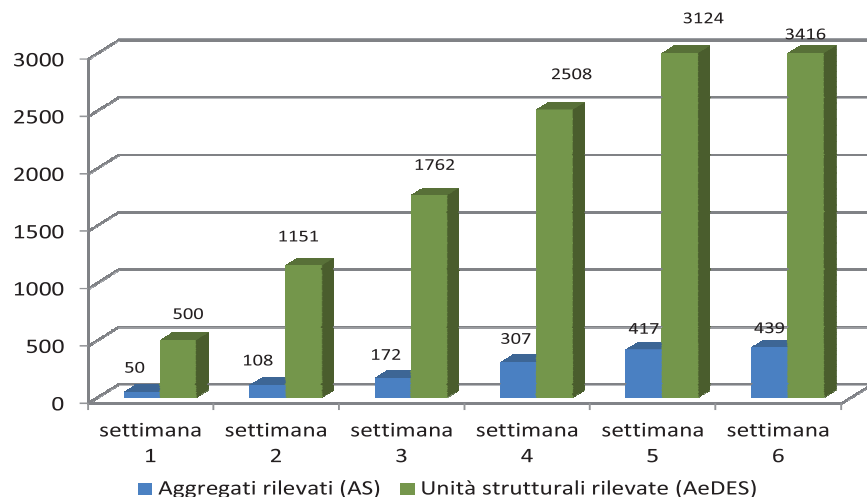
- arricchire, sempre sul sito web del DPC, la sezione dedicata alle norme di comportamento in caso di evento sismico;
- potenziare il Contact Center del DPC;
- attivare cicli di incontri con la popolazione dei comuni dell'area interessata, dal titolo "Terremoti, parliamone insieme", promossa dal DPC, la Regione Emilia Romagna e l'INGV, in collaborazione con la Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica (ReLUIS), il Servizio Sanitario Regionale dell'Emilia Romagna e le organizzazioni di volontariato di protezione civile.

Figura 7
Andamento nel tempo dei sopralluoghi sulle unità strutturali e sugli aggregati del centro storico di Ferrara.

Direzione di Comando e Controllo (DI.Coma.C.)
art. 1, comma 1, OCDPC n. 0003 del 2 giugno 2012
FUNZIONE RILIEVO AGIBILITA'
Censimento dell'edilizia ordinaria del centro storico di Ferrara



Stato di avanzamento sopralluoghi



5. Considerazioni finali

5.1 La nuova legge 100/2012

Il 12 luglio 2012, il DL 59 di cui si era parlato nella sezione 1.2 è stato convertito nella Legge 100, dopo aver seguito un iter parlamentare durante il quale numerose modifiche sono state apportate al testo, anche in virtù dell'esperienza maturata nell'emergenza sismica in Pianura Padana.

Una variazione significativa, da questo punto di vista, è la durata massima dell'emergenza che, di regola, da 60+40 giorni è passata a 90+60 giorni.

Un secondo aspetto riguarda la dichiarazione dello stato di emergenza, che può avvenire non solo di intesa con la Regione o le Regioni territorialmente interessate, ma anche su richiesta delle stesse, ad opera del proprio Presidente.

Inoltre, entro 90 giorni dall'entrata in vigore della L. 100/2012, i Comuni avrebbero dovuto procedere ad approvare il proprio piano di emergenza comunale, redatto secondo i criteri e le modalità riportate nelle indicazioni operative del Dipartimento della Protezione Civile e delle Giunte regionali. Questo punto è molto importante, perché il piano di emergenza è uno strumento fondamentale di prevenzione dei rischi. A questo proposito, il DPC sta monitorando con attenzione, attraverso le Regioni e le Province Autonome, l'attività di realizzazione e di aggiornamento dei piani da parte dei Comuni. Infine, meritano un cenno le ordinanze in emergenza, emanate dal Capo del DPC, che ne cura anche l'attuazione. Secondo la legge, "con le ordinanze, nei limiti delle risorse a tali fini disponibili a legislazione vigente, si dispone in ordine all'organizzazione e all'effettuazione dei servizi di soccorso e di assistenza alla popolazione interessata dall'evento, alla messa in sicurezza degli edifici pubblici e privati e dei beni culturali gravemente danneggiati o che costituiscono minaccia per la pubblica e privata incolumità, nonché al ripristino delle infrastrutture e delle reti indispensabili per la continuità delle attività economiche e produttive e per la ripresa

delle normali condizioni di vita, e comunque agli interventi volti ad evitare situazioni di pericolo o maggiori danni a persone o a cose".

Due punti di questo passaggio sono da sottolinearsi. Il primo riguarda l'attenzione posta a garantire la ripresa delle attività economiche e produttive, un tema che, come si è visto, è stato prioritario nell'emergenza dell'Emilia. Il secondo concerne la messa in sicurezza dei beni culturali, non solo quando essi costituiscono una minaccia, ma anche se sono gravemente danneggiati, ai fini della loro conservazione. In questo senso il legislatore ha riconosciuto il valore intrinseco dei beni culturali: una ricchezza da tutelare sin dalle prime fasi emergenziali, quelle in cui opera il Servizio Nazionale di Protezione Civile.

5.2 Conclusioni

La sequenza sismica che nel maggio 2012 ha colpito la parte centrale della Pianura Padana ha rappresentato una nuova sfida per la capacità di risposta del Servizio Nazionale di Protezione Civile nella sua interezza. Il quadro normativo appena cambiato, il danneggiamento di un importante distretto industriale nazionale nell'ambito delle difficili condizioni economiche in cui a tutt'oggi versa il Paese, il coordinamento con diverse Regioni hanno costituito gli elementi caratterizzanti di questa esperienza.

In questo lavoro sono state brevemente descritte le principali attività coordinate dal DPC durante l'emergenza, con particolare attenzione agli aspetti tecnici. Per il conseguimento di risultati di alta qualità su questi temi merita di essere sottolineato il contributo, rilevante sia in termini quantitativi che per l'elevato tasso tecnico, fornito dalla comunità scientifica e dal mondo delle professioni. Questa integrazione è il frutto di una lunga tradizione di coordinamento e interazione fortemente voluta dal DPC, che rende il Servizio Nazionale della Protezione Civile del nostro Paese uno dei più efficienti ed apprezzati al mondo.

Bibliografia

Bigi G., Bonardi G., Catalano R., Cosentino D., Lentini F., Parotto M., Sartori R., Scandone P., Turco E., eds. (1992) - Structural Model of Italy 1:500,000, CNR Progetto Finalizzato Geodinamica.

Bramerini F., Lucantoni A. (2001) - Simulazioni di scenari di danno per la pianificazione dell'emergenza post-terremoto, *Ingegneria Sismica*, Vol. 18 (1), pp. 37-46.

Burrato P., Ciucci F., Valensise G. (2003) - An inventory of river anomalies in the Po Plain, northern Italy: evidence for active blind thrust faulting, *Annals of Geophysics*, Vol. 46 (5), pp. 865-882.

Camassi R., Castelli V., Molin D., Bernardini F.,

Caracciolo C.H., Ercolani E., Postpischl L. (2011) - Materiali per un catalogo dei terremoti italiani: eventi sconosciuti, rivalutati o riscoperti, *Quaderni di Geofisica*, Vol. 96, pp. 50+387, available online: <http://istituto.ingv.it/l-ingv/produzione-scientifica/quaderni-di-geofisica>.

Caputo R., Iordanidou K., Minarelli L., Papathanassiou G., Poli M.E., Rapti-Caputo D., Sboras S., Stefani M., Zanferrari A. (2012) - Geological evidence of pre-2012 seismic events, Emilia-Romagna, Italy, *Annals of Geophysics*, Vol. 55 (4), doi:10.4401/ag-6148.

Castelli V., Bernardini F., Camassi R., Caracciolo C.H., Ercolani E., Postpischl L. (2012) - Looking for mis-

- sing earthquake traces in the Ferrara-Modena plain: an update on historical seismicity *Annals of Geophysics*, Vol. 55 (4), doi: 10.4401/ag-6110.
- Chioccarelli E., De Luca F., Iervolino I. (2012) - Preliminary Study of Emilia (May 20th 2012 Earthquake Ground Motion Records V2.11, available at <http://www.reluis.it>
- Di Manna P., Guerrieri L., Piccardi L., Vittori E., Castaldini D., Berlusconi A., Bonadeo L., Comerci V., Ferrario F., Gambillara R., Livio F., Lucarini M., Michetti A.M. (2012) - Ground effects induced by the 2012 seismic sequence in Emilia: implications for seismic hazard assessment in the Po Plain, *Annals of Geophysics*, Vol. 55 (4), doi: 10.4401/ag-6143.
- Dolce M., Di Pasquale G., Albanese V., Benetti D., Brammerini F., Coppari S., Corina A., De Rosa G., De Sortis A., Emili P., Ferlito R., Filippi L., Giordano F., Goretti A., Lo Presti T., Lucantoni A., Mercuri M., Moroni C., Orlandi N., Paoli G., Papa F., Pizza A., Procida F., Rinaldelli M., Sergio S., Severino M., Speranza E., Veschi A., Zambonelli E., Manfredi G., Di Ludovico M., Palermo G., Prota A., Verderame G., Corazza L., Cifani G., Mannella A., Martinelli A. (2009) - Rilievi speditivi: sopralluoghi per l'agibilità sismica, *Progettazione Sismica*, n. 3, 2009.
- Dolce M., Nicoletti M., Ammirati A., Bianconi R., Filippi L., Gorini A., Marcucci S., Palma F., Zambonelli E., Lavecchia G., De Nardis R., Brozzetti F., Boncio P., Cirillo D., Romano A., Costa G., Gallo A., Tiberi L., Zoppé G., Suhadolc P., Ponziani F., Formica A. (2012a) - The Emilia Thrust Earthquake of 20 May 2012 (Northern Italy): Strong motion and Geological Observations - Report I. http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/Report_DPC_1_EmiliasEQSd.pdf
- Dolce M., Nicoletti M., Ammirati A., Bianconi R., Filippi L., Gorini A., Marcucci S., Palma F., Zambonelli E., Lavecchia G., De Nardis R., Brozzetti F., Boncio P., Cirillo D., Romano A., Costa G., Gallo A., Tiberi L., Zoppé G., Suhadolc P., Ponziani F., Formica A. (2012b) - The Ferrara Arc Thrust Earthquakes of May-June 2012 (Northern Italy): Strong motion and Geological Observations - Report II. http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/report_DPC_2_EmiliasEQSBis.pdf
- Dolce M., Nicoletti M., Ammirati A., Bianconi R., Filippi L., Gorini A., Marcucci S., Palma F., Zambonelli E., Lavecchia G., De Nardis R., Brozzetti F., Boncio P., Cirillo D., Romano A., Costa G., Gallo A., Tiberi L., Zoppé G., Suhadolc P., Ponziani F., Formica A. (2012c) - The Emilia Thrust Earthquakes of May-June 2012 (Northern Italy): Strong motion Dataset - Report III. http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/Report_DPC_3_EmiliasEQS_.pdf
- Dolce M. (2011a) - Il monitoraggio sismico del Dipartimento della Protezione Civile (1) - La Rete Accelerometrica Nazionale. Rubrica QUI DPC, *Progettazione Sismica*, n. 2.
- Dolce M. (2011b) - Il monitoraggio sismico del Dipartimento della Protezione Civile (1) - L'Osservatorio Sismico delle Strutture. Rubrica QUI DPC, *Progettazione Sismica*, n. 3.
- Faccioli E., Cauzzi C. (2006) - Macroseismic intensities for seismic scenarios estimated from instrumentally based correlations. In: *Proceedings of the First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology* (a joint event of the 13th ECEE & 30th General Assembly of the ESC), Genève (CH), 3-8/9/2006, CD-ROM.
- Galli P., Castenetto S., Peronace E. (2012) - The MCS macroseismic survey of the Emilia 2012 earthquakes, *Annals of Geophysics*, Vol. 55 (4); doi: 10.4401/ag-6163.
- Gorini A., Nicoletti M., Marsan P., Bianconi R., De Nardis R., Filippi L., Marcucci S., Palma F., Zambonelli E. (2010) - The Italian Strong Motion Network. *Bull. Earthq. Eng.*, Vol. 8, pp. 1075-1090.
- Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Comastri A., Tarabusi G., Valensise G. (2007) - CFTI4Med, Catalogue of Strong Earthquakes in Italy (461 B.C.-1997) and the Mediterranean Area (760 B.C.-1500), INGV-SGA, available online: <http://storing.ingv.it/cfti4med/>
- Marzorati S., Carannante S., Cattaneo M., E. D'Alena, Frapiccini M., Ladina C., Monachesi G., Spallarossa D. (2012) - Automated control procedures and first results from the temporary seismic monitoring of the 2012 Emilia sequence, *Annals of Geophysics*, Vol. 55 (4), doi:10.4401/ag-6116.
- Mele F., Castello B., Marchetti A., Marcocci C., Moro R. (2007) - ISIDe, Italian Seismological Instrumental and parametric DatabasE: una pagina web per interrogare il Bollettino Sismico Italiano, 26° Convegno Nazionale GNGTS, <http://www2.ogs.trieste.it/gngts/gngts/convegniprecedenti/2007/riasunti/tema-1/11-sess-1/11-mele.pdf>
- Papathanassiou G., Caputo R., Rapti-Caputo D. (2012) - Liquefaction phenomena along the paleo-Reno River caused by the May 20, 2012, Emilia (northern Italy) earthquake, *Annals of Geophysics*, Vol. 55 (4), doi: 10.4401/ag-6147.
- Pondrelli S., Salimbeni S., Perfetti P., Danecek P. (2012) - Quick regional centroid moment tensor solutions for the Emilia 2012 (northern Italy) seismic sequence, *Annals of Geophysics*, Vol. 55 (4), doi: 10.4401/ag-6146.
- Rovida A., Camassi R., Gasperini P., Stucchi M., eds. (2011) - CPTI11, Parametric Catalogue of Italian Earthquakes, 2011 version, Milano, Bologna, available online: <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>.
- Salvi S., Tolomei C., Boncori J.P.M., Pezzo G., Atzori S., Antonioli A., Trasatti E., Giuliani R., Zoffoli S., Coletta A. (2012) - Activation of the SIGRIS monitoring system for ground deformation mapping during the Emilia 2012 seismic sequence, using COSMO-SkyMed InSAR data, *Annals of Geophysics*, Vol. 55 (4), doi: 10.4401/ag-6181.
- Scognamiglio L., Margheriti L., Mele F.M., Tinti E., Bono A., De Gori P., Lauciani V., Lucente F.P., Mandiello A.G., Marcocci C., Mazza S., Pintore S., Quintiliani M. (2012) - The 2012 Pianura Padana Emiliana seismic sequence: locations, moment tensors and magnitudes, *Annals of Geophysics*, Vol. 55 (4), doi: 10.4401/ag-6159.

Tertulliani A., Arcoraci L., Berardi M., Bernardini F., Brizuela B., Castellano C., Del Mese S., Ercolani E., Graziani L., Maramai A., Rossi A., Sbarra M., Vecchi M. (2012) - The Emilia 2012 sequence: a macroseismic survey, *Annals of Geophysics*, 55 (4), doi:10.4401/ag-6140.

Toscani G., Burrato P., Di Bucci D., Seno S., Valensise G. (2009) - Plio-Quaternary tectonic evolution of the

northern Apennines thrust fronts (Bologna-Ferrara section, Italy): seismotectonic implications, *Boll. Soc. Geol. Ital. (Italian Journal of Geosciences)*, Vol. 128, pp. 605-613, doi:10.3301/IJG2009.128.2.605.

Trifunac M.D., Brady A.G. (1975) - On the correlation of seismic intensity scales with the peaks of recorded ground motion, *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol. 65, pp. 139-162.