

I terremoti del maggio 2012 e la pericolosità sismica dell'area: che cosa è stato sottostimato?

The earthquakes of May 2012 and the seismic hazard of the area: anything underestimated?

Massimiliano Stucchi¹, Carlo Meletti², Paolo Bazzurro³, Romano Camassi⁴, Helen Crowley⁵, Marco Pagani⁶, Rui Pinho⁷, Gian Michele Calvi⁸ ■

Sommario

Analogamente al caso del terremoto di L'Aquila 2009, immediatamente dopo il terremoto dello scorso maggio 2012 in Emilia, stampa, funzionari pubblici e ricercatori dichiararono che la pericolosità sismica della zona danneggiata, e probabilmente anche il rischio sismico, sono stati sottostimati dalla valutazione probabilistica della pericolosità sismica (PSHA) di riferimento per il territorio Italiano e, di conseguenza, dalle norme tecniche basate su quella valutazione. Una delle principali problematiche emerse è legata al fatto che i valori di PGA registrati vicino a Mirandola erano superiori a quelli "previsti" dalla valutazione di pericolosità sismica. Questo articolo evidenzia alcune delle critiche, mostrando come nei sopraccitati confronti non si considerano le differenze fra le condizioni locali delle stazioni di registrazione e quelle con cui la PSHA è stata calcolata. In aggiunta, l'articolo ricorda che il confronto dei parametri di un singolo evento con la predizione probabilistica di tali parametri ha scarso significato. La causa principale del danno deve essere ricercata nel fatto che le norme di progetto per le costruzioni non sono state implementate nell'area danneggiata prima del 2003 e, per alcuni aspetti, neanche dopo. Perciò quello che è stato realmente sottostimato, non in ambito scientifico, è la necessità di ridurre il rischio sismico.

Abstract

Similarly to the case of the L'Aquila, 2009 earthquake, soon after the earthquakes of May, 2012 in Emilia press, officials and investigators declared that the seismic hazard of the damaged region, and possibly the seismic risk, had been underestimated by the reference, probabilistic seismic hazard assessment (PSHA) of Italy and, as a consequence, by the building code based on that assessment. One of the main issue was that the PGA values recorded near Mirandola were higher than the PGA values "forecasted" by the seismic hazard assessment.

This paper presents some of the criticisms, illustrating that the above mentioned comparison forgets the differences between the local conditions of the recording station and those for which the PSHA was performed. Moreover, it recalls that the comparison of the parameters of a single event with the probabilistic prediction of such parameters has little meaning. The main reason of the damage has to be found in the fact that the building code was not implemented in the damaged areas before 2003 and even, for some aspects, after. Therefore, what has been really underestimated, not in the scientific domain, is the necessity of reducing the seismic risk.

1. Premessa

I terremoti del maggio 2012 hanno colpito un'area, suddivisa fra le Regioni Emilia-Romagna, Lombardia e Veneto, per la quale numerose voci - di varia estrazione - hanno riferito da un lato sorpresa per quanto avvenuto "in un'area poco sismica" (o addirittura definita come "non-

sismica"), e da un altro avanzato l'ipotesi di una possibile sottovalutazione della pericolosità sismica "ufficiale" dell'area. Di conseguenza è stata sostenuta la necessità di aggiornarne le stime, facendo a volte un po' di confusione fra pericolosità sismica, rischio sismico, classificazione sismica e normativa sismica.

¹ Già presso Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Milano - ✉ massimiliano.stucchi@mi.ingv.it

² Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Milano - ✉ carlo.meletti@pi.ingv.it

³ Istituto Universitario di Studi Superiori - IUSS, Pavia - ✉ paolo.bazzurro@iusspavia.it

⁴ Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Bologna - ✉ romano.camassi@bo.ingv.it

⁵ Fondazione GEM, Pavia - ✉ helen.crowley@globalquakemodel.org

⁶ Fondazione GEM, Pavia - ✉ marco.pagani@globalquakemodel.org

⁷ Fondazione GEM, Pavia - ✉ rui.pinho@globalquakemodel.org

⁸ Istituto Universitario di Studi Superiori - IUSS, Pavia, www.iuss.it

Questa situazione non è certo nuova. Prima di un terremoto le amministrazioni pubbliche e la pubblica opinione faticano a confrontarsi con il concetto e i parametri di scuotimento del terremoto "atteso" in senso probabilistico, in quanto in genere preferirebbero "non attenderlo" o, al più, soffermarsi possibilmente sugli aspetti legati alla presunta bassa probabilità annuale che avvenga. Ricordiamo ad esempio che tra il 1938 e il 1941 ben 27 comuni della fascia adriatica fra Rimini e Pesaro furono declassati da "sismici" a "non sismici" per favorire il turismo.

I malcapitati sismologi e ingegneri che cercano di mostrare come la pericolosità sismica in una data zona non sia – ad esempio – nulla o bassa vengono considerati degli iettatori o dei venditori di prodotti obsoleti, e quindi allontanati. Ricordiamo ad esempio lo scetticismo con cui in tempi non sospetti (2001) erano stati accolti i risultati di alcune ricerche dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, che avrebbero potuto suggerire una maggior attenzione al problema sismico nel Mantovano, allora non classificato fra le zone sismiche (Gazzetta di Mantova, 11 luglio 2001):

"credo che sia sbagliato creare allarmismo su questioni scientifiche così delicate"
(Luciano Battù, Assessore alle Opere Pubbliche del Comune di Mantova)

Insomma, anche in Italia si sta sempre più affermando quell'atteggiamento che nel mondo anglosassone ha prodotto un nuovo acronimo, NIMTO (Not In My Term of Office), a significare che le questioni più spinose e che probabilmente non comportano una immediata convenienza elettorale vengono lasciate dai *decision makers* in eredità ai loro successori.

Immediatamente dopo un terremoto distruttivo, viceversa, il mondo cambia e le suddette categorie compiono una virata di 180°; l'evento viene confrontato con le previsioni probabilistiche e molti si dichiarano pronti a confrontarsi – a cose ormai fatte – con il terremoto massimo possibile, lamentando magari che tale terremoto non sia stato preso come riferimento in precedenza.

Se questo atteggiamento può essere comprensibile – anche se non condivisibile – quando proviene dalla parte della pubblica opinione, lo è senz'altro meno quando proviene dalla parte scientifica, che dovrebbe considerare la questione in modo più rigoroso.

Nel seguito analizzeremo la situazione dell'area colpita dal punto di vista della pericolosità sismica e della normativa sismica. Cercheremo poi di mostrare come le molte argomentazioni

scientifiche a sostegno della sottostima siano quanto meno mal poste, e a volte pretestuose.

2. La pericolosità sismica della zona colpita

Gran parte dell'area in questione è caratterizzata, nella mappa di cui all'Ordinanza PCM 3519/2006, pubblicata nella G.U. n.108 dell'11/05/2006 (Figura 1), da valori di accelerazione orizzontale di picco attesi su suolo rigido con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni compresi fra 0.125 e 0.150 g. Si tratta di valori intermedi rispetto alla pericolosità sismica in Italia, i cui valori più elevati sono dell'ordine di 0.28 g. Di conseguenza anche gli spettri di risposta elastica definiti nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC08; D.M. 14/01/2008, pubblicate nella G.U. n.29 del 04/02/2008), basati sul medesimo insieme di dati rilasciati da INGV (<http://esse1.mi.ingv.it>), riflettono tale livello di pericolosità.

Dal 2003 l'area è classificata, mediante Decreti Regionali, prevalentemente nella zona sismica 3, convenzionalmente chiamata "terza categoria" (Figura 2; DGR Emilia-Romagna n.1435 del 21/07/2003, DGR Lombardia n.14964 del 7/11/2003, DGR Veneto n.7 del 3/12/2003). Si noti che le aree classificate nel 2003 sono le stesse che un apposito Gruppo di Lavoro aveva proposto per essere classificate fino dal 1998, in un documento pubblicato nel 1999 (Gruppo di Lavoro, 1999). Le informazioni di cui sopra sono pubblicate e pubbliche, contenute in Atti ufficiali di Stato e Regioni; pertanto, devono essere ritenute conosciute da tutti e, in particolare, da chi ha competenze amministrative o si trova comunque a operare nel settore della gestione del territorio e della progettazione.

Le informazioni a supporto della Ordinanza PCM 3519/2006 e delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 derivano in gran parte dai risultati di due progetti (Stucchi et al., 2011):

- a. Mappa di pericolosità sismica MPS04 (<http://zonesismiche.mi.ingv.it>), elaborata da un gruppo di lavoro coordinato da INGV, seguendo le "prescrizioni" contenute nell'Ordinanza PCM 3274/2003, pubblicata nella G.U. n.105 dell'08/05/2003. La pericolosità è espressa in termini di accelerazione orizzontale di picco attesa con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni su roccia, calcolata come mediana pesata di 16 rami di un albero logico. Valutata da un gruppo internazionale di esperti, è stata approvata dalla Commissione Grandi Rischi il 6 aprile 2004;
- b. Progetto S1: utilizzando lo stesso impianto di calcolo della mappa MPS04, sono state rea-

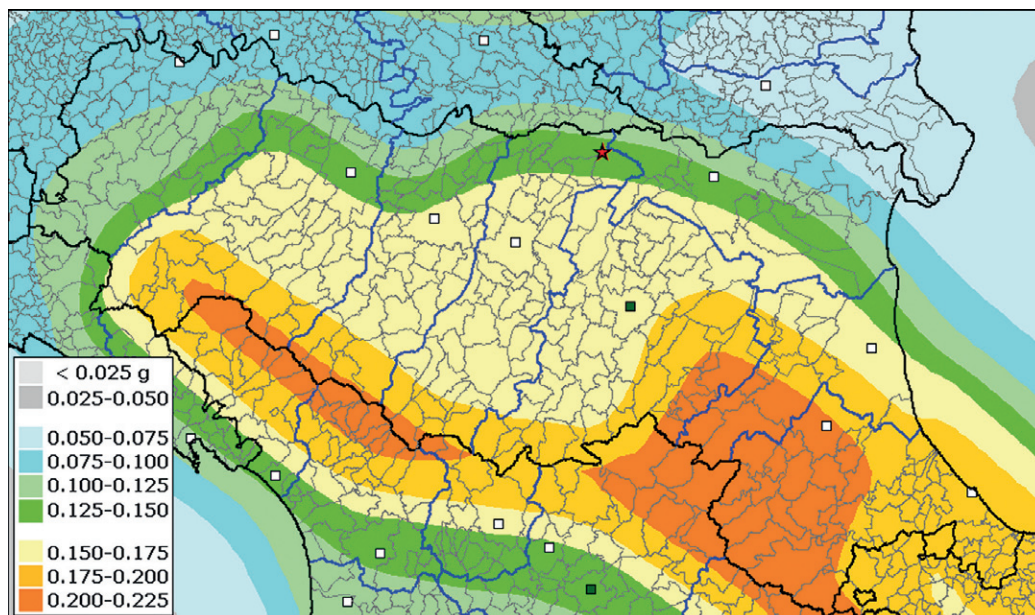


Figura 1
Mapa di pericolosità
sismica di riferimento per la
Regione Emilia-Romagna e
aree circostanti. La stella
indica l'epicentro del
terremoto del 20 maggio
2012.

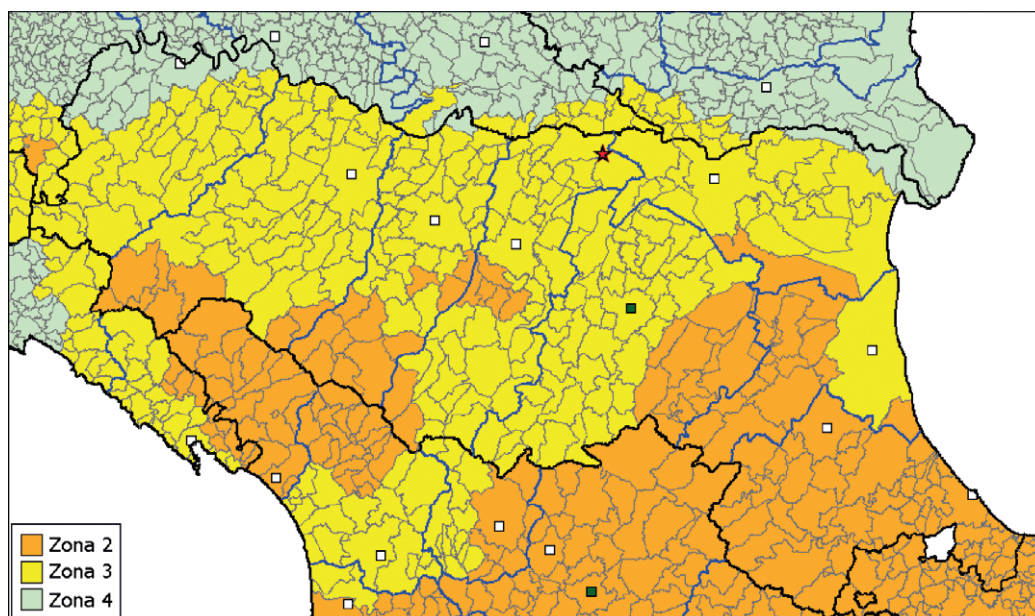


Figura 2
Zone sismiche in Emilia-
Romagna dal 2003.

lizzate stime della pericolosità sismica per 9 diverse probabilità annuali di eccedenza, ovvero per 9 diversi periodi medi di ritorno, per la PGA e altre ordinate spettrali, restituite in forma di curve di hazard e di spettri a pericolosità uniforme. L'intero database prodotto è consultabile e scaricabile nel sito del progetto (<http://esse1.mi.ingv.it>).

3. Le prime voci sulla possibile sotto-stima dell'hazard

Fin dai primi momenti successivi agli eventi del 29 maggio sono stati sollevati dubbi circa la possibile sottostima della pericolosità sismica dell'area colpita, sottostima individuata – con decisione – quale responsabile dei danni estesi.

Riportiamo qualche esempio in cui il virgolettato è da attribuire alle fonti di stampa.

“Il crollo dei capannoni pone dei problemi di sicurezza sui criteri di costruzione. Sicuramente hanno tenuto conto delle norme sismiche, ma su dati di rischio inferiore. Occorre aggiornare la mappa del rischio sismico e le norme per costruire in sicurezza in quelle aree. Serve un intervento ancora più severo e conservativo” (Corrado Clini, Ministro per l'Ambiente: Il Messaggero, 29 maggio 2012; Il Giornale, 30 maggio 2012)

Va sottolineato che questi dubbi non erano emersi dopo l'evento del 20 maggio, a seguito

del quale sembra essere prevalsa la sorpresa per l'occorrenza di un terremoto di magnitudo elevata ($M = 6.0$) in zona "poco sismica". L'ipotesi di possibile sottostima ha di fatto deviato l'attenzione generale dal fatto che il 29 maggio erano avvenuti due terremoti di magnitudo abbastanza elevate, anche se meno elevate di quello del 20 maggio, i cui scuotimenti avevano colpito un patrimonio edilizio già parzialmente compromesso a seguito del primo evento. Questo aspetto, pur molto importante per comprendere le ragioni di quel danneggiamento, è stato poco considerato.

A seguito di quanto sopra e di altre prese di posizione simili, il 31 maggio 2012 il Presidente dell'INGV, Stefano Gresta, ha inviato al Presidente della Repubblica, al Presidente del Consiglio dei Ministri, al Ministro per l'Ambiente e ad altre autorità una nota nella quale si chiarivano sia il quadro delle conoscenze sulla pericolosità sismica dell'area colpita, sia il contributo che le conoscenze avevano portato alle politiche di difesa dai terremoti in termini di definizione delle zone sismiche e di normativa tecnica, nota poi ripresa da un comunicato stampa (riassunto nel box sottostante in questa pagina ed in quella successiva). Ma la polemica non si è arrestata, e alcune critiche sono state espresse in modo particolarmente aggressivo. Ad esempio:

"Resta solo da capire come mai le mappe di pericolosità sismica elaborate dall'INGV classificassero l'Emilia-Romagna come "medio-bassa" e indicassero, in caso di sisma, uno scuotimento massimo pari a 0.15 volte la forza di gravità. Mentre il terremoto

ha raggiunto un'accelerazione esattamente doppia" (Eleonora Dusi, *La Repubblica* del 16 giugno 2012).

Una richiesta di rettifica (riportata nel secondo box della pagina successiva) al quotidiano in questione non è mai stata pubblicata. Il contenuto dell'articolo è stato addirittura ripreso il 19 giugno 2012 da un'interrogazione parlamentare del senatore Lannutti (Gruppo Parlamentare Italia dei Valori) al Ministro dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca¹:

[si chiede di sapere] "se risponda al vero che le mappe di pericolosità sismica elaborate dall'INGV classificassero l'Emilia Romagna come "medio-bassa" e indicassero, in caso di sisma, uno scuotimento massimo pari a 0.15 volte la forza di gravità, mentre, al contrario, il terremoto ha raggiunto un'accelerazione esattamente doppia"

La giornalista e l'interrogante parlamentare non solo hanno praticato un confronto semplificato fra parametri non confrontabili, di cui discutiamo più sotto, ma hanno anche dimenticato che i valori che citano (0.15 g) sono relativi a un suolo rigido (definito di tipo A nelle NTC08), mentre le registrazioni provengono da stazioni accelerometriche a 3 componenti poste in siti con caratteristiche del suolo meno rigido, corrispondente al tipo C delle NTC08, che amplifica il moto del suolo rispetto al suolo di tipo A. La normativa prescrive dei coefficienti da applicare allo scuotimento atteso su suolo rigido per stimare empiricamente lo scuotimento su altri tipi di suolo.

Pericolosità sismica, zone sismiche e normativa sismica nella zona dei terremoti del maggio 2012

(<http://www.ingv.it/ufficio-stampa/stampa-e-comunicazione/archivio-comunicati-stampa/comunicati-stampa-2012/pericolosita-sismica-zone-sismiche-e-normativa-sismica-nella-zona-dei-terremoti-del-maggio-2012/>)

Con riferimento alle affermazioni circolate in questi giorni circa la necessità di aggiornare la mappa del rischio sismico o della pericolosità sismica dell'area colpita dai recenti terremoti o addirittura di tutta l'Italia, l'Istituto precisa quanto segue:

- i terremoti sono avvenuti in una zona che non era stata classificata come sismica fino al 2003, a dispetto di molteplici evidenze fornite dagli studi scientifici;
- la mappa di pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale (Ordinanza PCM 3519/2006), considera la zona a pericolosità media;
- i parametri dei terremoti avvenuti sono compatibili con le assunzioni che stanno alla base della mappa citata. In particolare, viene ipotizzata per questa zona una magnitudo massima pari a 6.2;

¹ http://www.senato.it/japp/bgt/showdoc/frame.jsp?tipodoc=Resaula&leg=16&id=00679832&part=doc_dc-allegatoa_aa-sezionetit_iei-oggetto_isndndindgevi200489&parse=no

- d) l'assegnazione dei comuni a una delle quattro zone sismiche, sulla base della suddetta mappa di riferimento, è assegnata dalla legge alla competenza delle Regioni, non degli istituti di ricerca;
- e) l'applicazione delle norme sismiche del 2003 ha proceduto a rilento, anche perché era rimasta in vigore la possibilità di applicazione delle normative precedenti;
- f) le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, deliberate nel 2008, fanno riferimento ad azioni sismiche ottenute dalla sinergia fra INGV e Dipartimento della Protezione Civile. Tuttavia, queste norme sono entrate in vigore in tutta l'Italia solo all'indomani del terremoto dell'Aquilano del 2009.
- g) a causa di questi ritardi, nelle zone colpite in questi giorni si è accumulato un notevole deficit di protezione sismica, che è in parte responsabile dei danni avvenuti;
- h) una situazione analoga interessa un notevole numero di Comuni, localizzati principalmente nell'Italia settentrionale.

È opinione di questo Istituto che la mappa di pericolosità sismica di riferimento sia perfezionabile, ma che l'eventuale aggiornamento che tenga conto solo degli ultimi terremoti non ne determini, complessivamente, variazioni significative.

Si ritiene più urgente che venga assicurato il suo pieno recepimento da parte delle Regioni e che vengano ulteriormente sviluppate le iniziative per la riduzione della vulnerabilità sismica, già avviate in alcune zone del Paese.

Milano, 18 giugno 2012 - Richiesta di rettifica

Caro Direttore,

l'articolo sull'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia di sabato scorso, a firma E. Dusi, contiene delle inesattezze. "Resta solo da capire come mai le mappe di pericolosità sismica elaborate dall'INGV classificassero l'Emilia Romagna come "medio-bassa" e indicassero, in caso di sisma, uno scuotimento massimo pari a 0.15 volte la forza di gravità. Mentre il terremoto ha raggiunto un'accelerazione esattamente doppia." Innanzitutto la mappa INGV non "classifica" e non definisce "medio-bassa" nessuna area. La classificazione spetta alle Regioni; il citato valore 0.15 g si colloca leggermente al di sopra della media dei valori italiani, che raggiungono un massimo di 0.28 g. In secondo luogo, la mappa stessa non fornisce valori di scuotimento massimo atteso; fornisce valori di scuotimento orizzontale atteso con una probabilità del 10% che possa essere superato in 50 anni, come richiesto dalla normativa sismica italiana e dalla stragrande maggioranza delle normative internazionali. Infine, i suddetti valori si riferiscono a suoli molto rigidi (roccia e suoli simili). Appositi coefficienti moltiplicativi, previsti dalla Norme Tecniche, forniscono il valore riferito a suoli meno rigidi o addirittura sciolti. Nel caso in questione, per il tipo di suolo presente il valore fornito dalla mappa diventa 0.22 g, che può diventare 0.24 - 0.25 tenendo conto dell'incertezza associata ai predetti valori, a fronte di un valore orizzontale registrato di 0.26 g. Sottolineo anche che il confronto fra i dati forniti dalla mappa e i dati di un singolo terremoto è scarsamente significativo; inoltre, che l'accelerazione massima non è che uno dei parametri utilizzate dalla normativa per progettare in modo sismo-resistente. Poiché la frase dell'articolo inizia con "resta da capire", dopo aver fornito la spiegazione mi chiedo se, appunto, non sarebbe stato meglio provare a capire prima di pubblicare la frase in questione. Spero che non prevalga, anche in questo caso, quella sorta di "caccia all'untore" sismologico che ha caratterizzato una parte della vicenda del terremoto dell'Aquila. Sono certo che vorrà far provvedere a una rettifica e sono ovviamente a disposizione per qualsiasi chiarimento. Buon lavoro

Massimiliano Stucchi Direttore della Sezione di Milano dell'INGV

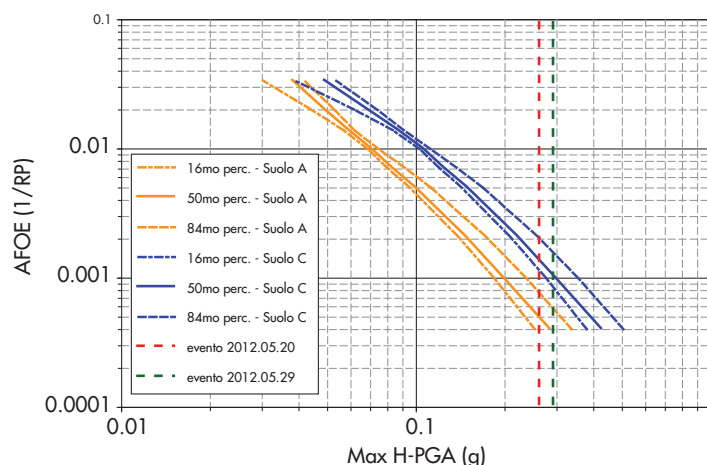
Coordinatore del Gruppo di Lavoro che ha prodotto la mappa di pericolosità INGV

4. E sul piano tecnico-scientifico?

Spiace osservare che questo argomento, esempio classico di giornalismo di tipo sensazionalistico che non si pone il problema di verificare i dati sui quali basa le sue presunte argomenta-

zioni, sia stato ripreso anche in sede scientifica. Già in occasione del terremoto dell'Aquila del 2009, anche in sede tecnico-scientifica si erano levate critiche alla presunta sottostima della pericolosità sismica della zona e, secondo la

Figura 3
Confronto tra le curve di pericolosità sismica e i valori di accelerazione del suolo registrati dalla stazione di Mirandola (MRN) in occasione delle scosse del 20 e 29 maggio 2012.



pratica allora nascente della caccia al colpevole sismico (Montaldo et al., 2009), qualcuno aveva identificato nella mancata assegnazione del Comune dell'Aquila alla zona sismica 1 la responsabilità principale dei danni e delle vittime. A queste osservazioni avevano risposto Meletti e Stucchi (2009). Va sottolineato, peraltro, che dopo la pubblicazione dell'Ordinanza PCM 3274/2003, e quindi ben prima del terremoto de L'Aquila, alte si erano levate le critiche di quanti ritenevano gli spettri di progetto di quella normativa, e in particolare quelli relativi alla zona sismica 1, particolarmente penalizzanti rispetto al pericolo sismico "reale".

Le ipotesi di sottostima della pericolosità sismica de L'Aquila erano state analizzate nel lavoro di Crowley et al. (2009), dove viene ricordato che i valori di accelerazione generati da un terremoto non sono direttamente confrontabili con quelli delle norme, a causa delle differenze concettuali tra spettri a pericolosità uniforme e spettri di scenario. In aggiunta gli autori hanno anche dimostrato che il terremoto de L'Aquila era del tutto compatibile con le assunzioni e le scelte dei modelli fatte nello studio di pericolosità sismica (Crowley et al., 2009; Stucchi et al., 2009).

La figura 3 mostra come le registrazioni dei terremoti dell'Emilia rientrino nell'intervallo di valori proposti dal modello di pericolosità sismica di riferimento per l'Italia, su cui si basano le correnti Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC08).

Le curve arancioni di figura 3 mostrano i valori attesi di accelerazione del suolo per diverse frequenze annuali di superamento (in inglese Annual Frequency of Exceedance – AFOE – che rappresenta l'inverso del periodo di ritorno; le tre curve rappresentano il valore dei percentili che descrivono il valore mediano e l'incertezza associata) su suolo rigido. Considerando che la stazione Mirandola è posta su un suolo di tipo C e applicando ai valori su suolo rigido i coeffi-

cienti moltiplicativi previsti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, si ottengono le curve in blu. I valori di picco orizzontale registrati nei due eventi più energetici della sequenza dell'Emilia rientrano nell'intervallo proposto dal modello.

Analoga dimostrazione è stata proposta per i terremoti emiliani da Meletti et al. (2012).

Ma l'occasione è sembrata troppo ghiotta e nuove voci si sono levate in gran numero.

■ Malagnini et al., *Geophysical Research Letters*

Mentre saggiamente, proprio su questa rivista, Iervolino (2012) mette in guardia dall'eseguire "salti mortali" (*"Probabilità e salti mortali: le insidie della validazione dell'analisi di pericolosità attraverso l'occorrenza di singoli terremoti"*), il titolo inglese è ancora più drastico: *"Why probabilistic hazard maps can not be validated by individual earthquake occurrences"*, nel settembre 2012 Malagnini et al. (2012) pubblicano un *instant paper* sui terremoti emiliani che, pur avendo lo scopo di descrivere ricerche ed elaborazioni, del tutto apprezzabili, svolte sui dati degli stessi terremoti, ritiene più opportuno attirare l'attenzione del lettore sul proprio lavoro attraverso il possibile contributo delle predette elaborazioni alla valutazione della pericolosità sismica. L'incipit, in particolare, recita:

"Inadequate seismic design codes can be dangerous, particularly when they underestimate the true hazard."

Sulla prima parte non possiamo che concordare, anche se sarebbe stato meglio che gli autori spiegassero a quali *design codes* si riferiscano. Sulla seconda parte abbiamo qualche problema, stante la difficoltà di definire il *true hazard* (non a caso per la stragrande maggioranza dei ricercatori e la totalità delle norma-

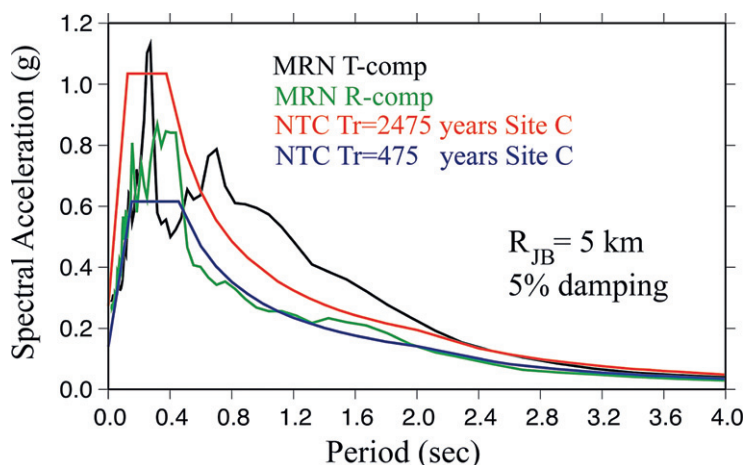


Figura 4
Confronto tra spettri di progetto e registrazioni accelerometriche alla stazione MRN del terremoto del 20.05.2012 (da Malagnini et al., 2012).

tive, la pericolosità sismica viene determinata con approcci probabilistici). Gli autori continuano:

In this study we use data from a sequence of moderate-sized earthquakes in northeast Italy to validate and test a regional wave propagation model which, in turn, is used to understand some weaknesses of the current design spectra.

da cui si evince che i *design spectra* sotto critica sono quelli delle normative italiane. E concludono, sulla base della loro Figura 4:

In light of our results, the present seismic hazard assessment in the entire Pianura Padana, including the city of Milan, needs to be re-evaluated

Nessun dubbio che la valutazione della pericolosità sismica, in tutta l'Italia peraltro, possa e debba essere aggiornata alla luce delle nuove conoscenze. Ad esempio, questo è proprio quello che si sta facendo nel progetto europeo SHARE (<http://www.share-eu.org>) che entro i primi mesi del 2013 rilascerà un nuovo modello di pericolosità sismica per l'area euro-mediterranea, orientato a fornire elaborati in sintonia con le filosofie dell'Eurocodice 8. Questo nuovo modello si baserà su un set di dati aggiornati per quel che riguarda catalogo dei terremoti, sorgenti sismogenetiche, valutazione della massima magnitudo attesa, ecc.

Nessun dubbio, peraltro, che si possa pensare a Norme Tecniche basate su probabilità di superamento più basse o, in modo del tutto equivalente, a mappe di scuotimento con periodi medi

di ritorno più lunghi. Confermiamo tuttavia il nostro dissenso dal fatto che a tali conclusioni si possa arrivare confrontando una singola osservazione con una stima caratterizzata da una probabilità di eccedenza. Ci permettiamo anche di sottolineare che iniziare un articolo parlando, subito dopo un evento sismico disastroso, di inadeguatezza delle norme tecniche correnti, può far pensare che dette norme, per via della citata inadeguatezza, siano responsabili dei danni stessi, oltre che – fatto ancor più grave – delle vittime.

■ Di Toro, Scienza in rete

In un recente articolo scritto per il sito di divulgazione scientifica Scienza in rete Giulio Di Toro (professore associato in geologia strutturale all'Università di Padova e ricercatore associato all'INGV di Roma) affronta i problemi di comunicazione della comunità sismologica e descrive anche la scelta italiana per la stima della pericolosità sismica. Nella sua nota, intitolata "I terremoti: un'emergenza di comunicazione"² si legge tra l'altro:

[La mappa MPS04] è di riferimento per la classificazione sismica di un comune e, di conseguenza, per Legge, impone vincoli sulle caratteristiche costruttive degli edifici la cui rigorosa applicazione ridurrebbe al minimo le perdite di vite umane. In realtà, per le scarse conoscenze che abbiamo della fisica dei terremoti, per le possibili lacune nei cataloghi storici e per i lunghi tempi di ritorno dei terremoti, la carta non è necessariamente "robusta". In altre parole, non dovrebbe stupire che in futuro in alcune aree potremmo misurare accelerazioni al suolo anche molto più elevate da quanto previsto dalla carta (come sembra essere stato il caso della sequenza Emiliana del 2012, anche tenendo conto della particolare geologia del

² <http://www.scienza in rete.it/contenuto/articolo/terremoti-un'emergenza-di-comunicazione>

sottosuolo dell'area che comprende uno spesso materasso alluvionale). [...] Inoltre, questo tipo di carte non considera aspetti geologici locali di amplificazione delle onde. E, soprattutto, non considera alcuni aspetti caratteristici dei terremoti, come la loro tendenza a "clusterizzare" in brevi periodi. [...] In altre parole, la pericolosità calcolata sul lungo termine non è costante nel tempo: possono esserci importanti variazioni nell'arco di giorni/settimane/mesi quando vi è uno sciame sismico in atto.

Stupiscono alcune imprecisioni che potrebbero trarre in inganno i lettori del sito web, che invece deve la sua autorevolezza all'opera di divulgazione solitamente rigorosa e corretta:

- i vincoli sulla progettazione derivano dal modello di pericolosità sismica e non più come conseguenza della classificazione sismica;
- scuotimenti del suolo superiori a quelli previsti dalla mappa sono ammessi dalla stima probabilistica della pericolosità e, più in generale, dalla filosofia delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC08); questo non significa che il modello non sia robusto;
- un ricercatore serio dovrebbe basarsi su articoli scientifici pubblicati su riviste internazionali, già disponibili anche sulla sequenza dell'Emilia 2012;
- la mappa di pericolosità MPS04 non considera le caratteristiche del suolo o i possibili effetti di sito, in quanto redatta secondo specifiche che non lo prevedono. Viceversa, le NTC08 secondo le quali si progetta dal 2010 considerano tali caratteristiche;
- la tendenza dei terremoti a raggrupparsi nel tempo e nello spazio ("clusterizzare") è ben nota e viene valutata con modelli dipendenti dal tempo. Tali modelli, tuttavia, stentano ancora oggi a essere adottati in sede di normativa per tre motivi: primo perché forniscono stime di pericolosità statisticamente meno robuste di quelle basate sul modello di pericolosità a lungo termine; secondo perché sarebbe impossibile cambiare le normative di progettazione immediatamente dopo l'occorrenza di ogni terremoto significativo; terzo perché sarebbe socialmente ingiusto forzare coloro che vogliono progettare un edificio immediatamente dopo un terremoto ad usare valori accelerativi di progetto più elevati che possono essere giustificati per un periodo temporale limitato dell'ordine di uno o due anni da quel momento prima di ritornare ai valori accelerativi più bassi calcolati per il lungo termine.

■ Centro Euro-Mediterraneo di Documentazione per la conoscenza e la memoria degli eventi estremi e dei disastri

A giugno 2012, il sito del Centro (<http://www.centroeedis.it/>) interviene nel dibattito traducendo un sunto di un articolo di Max Wyss pubblicato su Earth³, intitolato "Better warnings for the consequences of earthquakes: Bringing seismic hazard and risk assessments to policy". Nell'articolo la conclusione del paragrafo "The Inadequacy of the World Seismic Hazard Map" è la seguente:

Together, our results, the ones by Kossobokov and Nekrasova, and those by Zuccolo and colleagues suggest that the GSHAP map and the method for calculating seismic hazard underestimate the seismic risk because they vastly underestimate the damage. With such strong underestimates of the earthquake danger, motivation for mitigating the risk is greatly reduced.

An additional issue is that a map that depicts the seismic hazard in ground acceleration is only useful for engineers who design a critical facility, such as a power plant, high reservoir dam, hospital or bridge. Because it's not framed in risk, but rather hazard, it's not useful to an official who needs to decide whether to allocate part of a city's limited resources for mitigation.

Nella traduzione in italiano questa parte diventa:
Inadeguatezza della mappa della pericolosità sismica mondiale

La mappa che applicano questo metodo, come quelle italiane, per calcolare la pericolosità sismica determinano una sottostima del rischio, togliendo forza alle motivazioni per l'applicazione e la redazione di norme per attenuare i danni prodotti dai terremoti. Essendo basate solo sulla pericolosità e non sul rischio, queste mappe non sono utilizzabili per decidere dove allocare le risorse, sempre limitate, per mitigare il rischio sismico. Le mappe della pericolosità sono utilizzabili solo nel caso di progetti di grandi opere, come è il caso delle grandi dighe.

Leggendo per intero i due articoli è chiaro che Wyss si riferisce esclusivamente alla mappa prodotta nel 1998 dal Progetto GSHAP (<http://www.seismo.ethz.ch/static/GSHAP/>) e non c'è alcun riferimento alla mappa italiana. Nella traduzione, tuttavia, appare quell'inciso, aggiunto artatamente, tanto che non ci si è nemmeno preoccupati di accordare il soggetto al verbo ("la

mappa che applicano..."); evidentemente l'autore della traduzione in italiano ha voluto cogliere l'occasione di dire il suo pensiero, facendolo dire a Wyss.

• ISSO - International Seismic Safety Organisation

Di recente, la cosiddetta International Seismic Safety Organization (ISSO), un ristretto gruppo di ricercatori di alcuni paesi, non tutti competenti di sicurezza sismica, si è occupata di diverse problematiche e, fra queste, anche di pericolosità sismica (ISSO, 2012)⁴.

A proposito del terremoto dell'Emilia si legge:

La mappa PSHA, sulla quale si basa la normativa sismica italiana, indica che l'area epicentrale ricade in ex zona 3, con un'accelerazione massima orizzontale del terreno (Peak Ground Acceleration o PGA) <0.175 g al bedrock (cioè in corrispondenza del substrato). Invece, la mappa NDSHA⁵, pubblicata per la prima volta nel 2001, indica valori di progetto della PGA al bedrock nell'intervallo (0.15 g - 0.30 g), che comprende i valori effettivamente registrati ed è in buon accordo con essi, che sono attorno a 0.25 g. La mappa NDSHA, può quindi costituire una base essenziale, se non addirittura preferibile, per lo sviluppo della normativa antisismica in Italia ed in altre regioni del mondo.

Ancora una volta qualcuno inciampa nel confronto fra valori predetti su suolo rigido (0.15 g più incertezza) e valori registrati su suolo più sciolto (rispettivamente 0.26 g e 0.29 g per i due eventi più energetici), che sono del tutto compatibili con i valori adottati da coloro che oggi costruiscono secondo le NTC08 in quelle zone; infatti, i fattori correttivi previsti dalle NTC08 stesse portano il valore di 0.15 g a circa 0.23 g, che potrebbero arrivare a 0.26 g se le NTC08 considerassero l'incertezza che accompagna valori di pericolosità sismica.

Spiace notare che, mentre in Europa la comunità tecnico-scientifica discute in modo organico e permanente i miglioramenti da apportare alle normative tecniche nazionali attraverso gli indirizzi dell'Eurocodice 8, l'argomento della sottostima è stato raccolto anche in sede legislativa. In Parlamento, infatti, è stato appena depositato un disegno di legge per "l'aggiornamento della classificazione sismica (sic!) e delle norme tecniche per le costruzioni", aggiornamento in corso peraltro ad opera di una apposita Commissione, attivata con decreto 6403 del 18.05.2011 del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

5. Conclusioni

Per quel che riguarda la pericolosità sismica, riteniamo che le caratteristiche dei terremoti del maggio 2012 e in particolare quelle degli scuotimenti registrati rientrino fra quelle attese per questa zona dalle normative sismiche e che pertanto, come già nel caso del terremoto de L'Aquila (Crowley et al., 2009), le stime di pericolosità sismica non siano da rivedere soltanto in funzione di questi eventi.

Le ragioni dell'esteso danneggiamento, verificatosi principalmente a seguito dei terremoti del 29 maggio 2012, sono essenzialmente le seguenti:

- Il fatto che le zone colpite sono state classificate come sismiche, e quindi soggette a normativa sismica, solo a partire dal 2003 (Figura 5) e non completamente fino al 2010, nonostante la comunità scientifica ne avesse ipotizzato la pericolosità già a partire dal 1980 (CNR-PFG, 1980), segnalata la pericolosità almeno a partire dal 1996 (Slejko et al., 1998) e proposta per la classificazione in terza categoria sismica nel 1998 (Gruppo di Lavoro, 1999).

- Il cumulo delle sollecitazioni prodotte dalle diverse scosse più energetiche della sequenza.

Non solo: i valori di pericolosità della mappa MPS04 sono al limite fra la definizione della terza categoria sismica e quella della seconda, e quindi potrebbero anche suggerire l'inserimento delle zone stesse in seconda categoria, come reclamato tardivamente da qualcuno. Tuttavia i già citati spettri delle NTC08 sembrano più vicini a quelli previsti dalle precedenti norme (Ordinanza 3274/2003) per la terza categoria (Figura 6). Si deve peraltro sottolineare che oggi la classificazione dei comuni non determina più l'azione sismica a cui il progettista si deve attenere, ma ha ancora un ruolo fondamentale nel determinare la disciplina delle verifiche dei progetti.

In conclusione, non vi è stata nessuna sottostima della pericolosità sismica, o del rischio sismico, in sede scientifica; vi è stata - da sempre in Italia - una notevole sottostima del problema sismico in sede politico-amministrativa, come riconosciuto - ad esempio - anche dal quotidiano *Avvenire* del 2 giugno 2102:

"Il rischio sismico qui come in quasi tutte le altre regioni è noto da anni [] Destinare risorse alla prevenzione [...] è tanto semplice in tempo di guerra, quando il disastro è sotto gli occhi di tutti, quanto complesso in tempo di pace, quando prevalgono tante altre considerazioni apparentemente legittime".

[intervista a Vincenzo Petrini, che spiega tra le

⁴ http://www.ingegneriasismica.net/Tematiche/1RS/1RSrischioC/1RSrischioC_ISSO/ISSO_positionstatement_IT.pdf.

⁵ NDSHA significa New Deterministic Seismic Hazard Assessment

Figura 5
Zone sismiche in Emilia-Romagna dal 1984 al 2003.

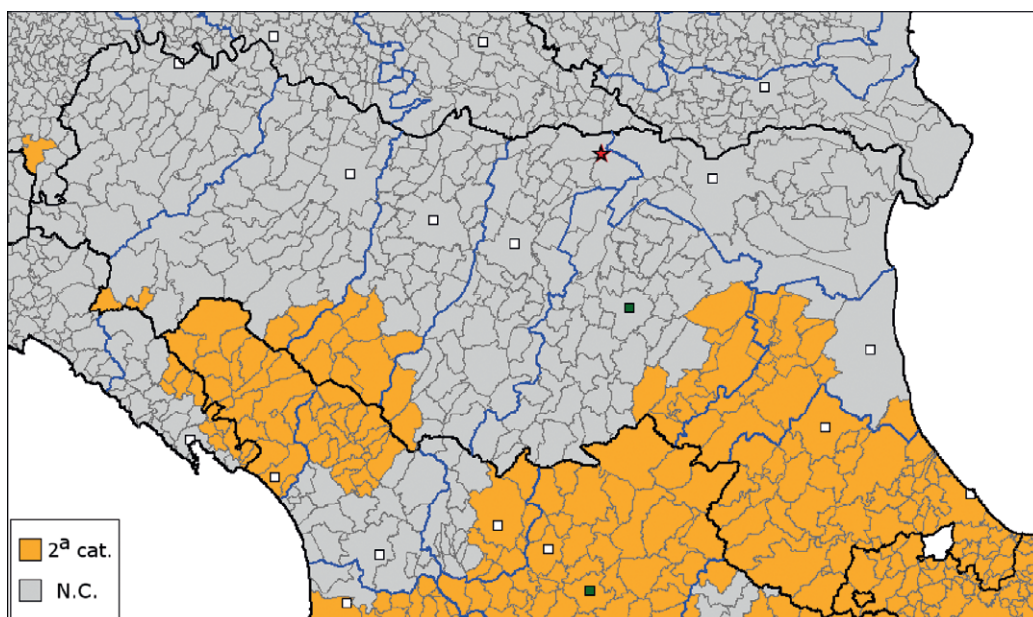


Figura 6
Spettri a pericolosità uniforme per alcune località dell'Italia settentrionale, confrontati con gli spettri di progetto per le zone sismiche 2 e 3 secondo l'OPCM 3274/2003.

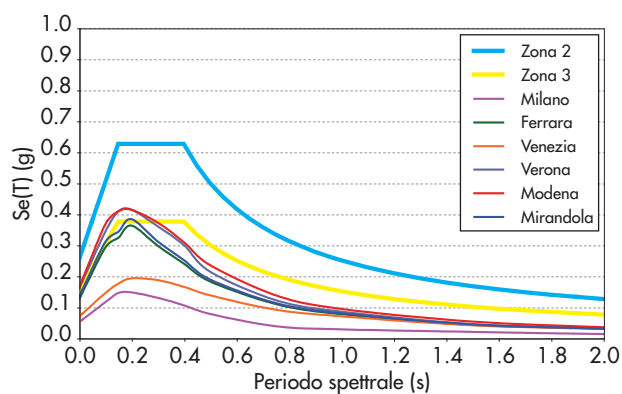
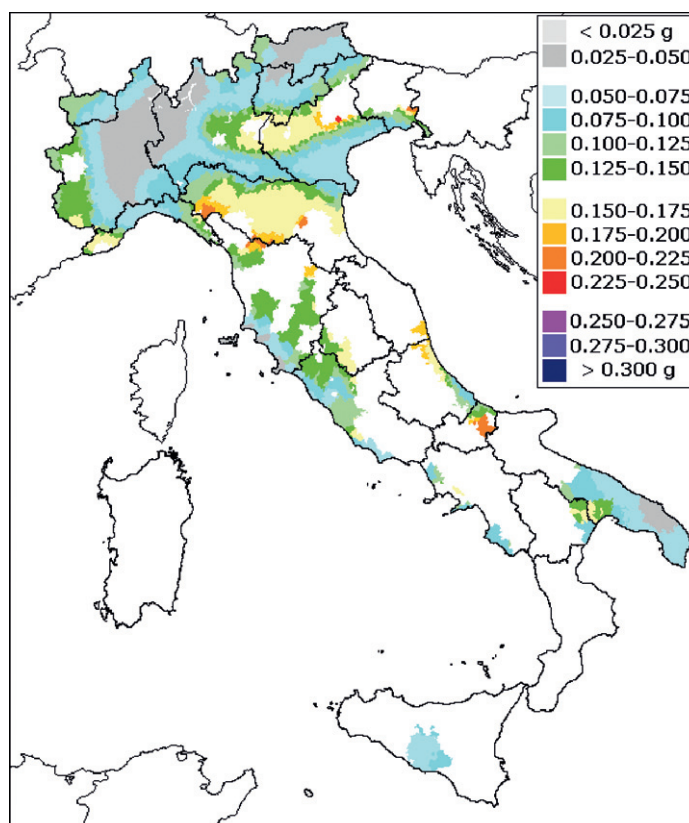


Figura 7
Mappa del deficit di sicurezza sismica, espressa in termini di valori della accelerazione di progetto secondo i quali avrebbero dovuto essere costruiti gli edifici, nei comuni classificati come sismici per la prima volta nel 2003 ai sensi della OPCM 3274/2003.



altre cose le ragioni del crollo dei capannoni e il costo, del tutto modesto, che sarebbe stato necessario per garantire la loro sicurezza].

Il problema di fondo resta il fatto che le costruzioni edificate in questa zona prima del 2003 (e per certi versi addirittura prima del 2010) non hanno conosciuto ufficialmente criteri di costruzione antisismici, pur con numerose e for-

tunate eccezioni spontanee, che hanno determinato la buona risposta, in generale, dell'edilizia abitativa degli ultimi 40 anni. Lo stesso problema si era verificato nel caso di S. Giuliano di Puglia (2002) e potrebbe verificarsi in un elevato numero di comuni rappresentati nella figura 7 con il colore corrispondente al livello di pericolosità sismica che compete loro secondo MPS04.

Bibliografia

- CNR-PFG (1980) - Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale. Pubbl. 361, ESA Editrice, Roma, 83 pp.
- Crowley H., Stucchi M., Meletti C., Calvi G.M., Pacor F. (2009) - Uno sguardo agli spettri delle NTC08 in relazione al terremoto dell'Aquila. *Progettazione Sismica*, 1(3), 75-83.
- Gruppo di Lavoro (1999) - Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale. *Ingegneria Sismica*, 16, 1, 5-14.
- Iervolino I. (2012) - Probabilità e salti mortali: le insidie della validazione dell'analisi di pericolosità attraverso l'occorrenza di singoli terremoti. *Progettazione Sismica*, 4(2), 37-43.
- Malagnini L., Herrmann R.B., Munafò I., Buttinelli M., Anselmi M., Akinci A., Boschi E. (2012) - The 2012 Ferrara seismic sequence: Regional crustal structure, earthquake sources, and seismic hazard. *Geophys. Res. Lett.*, 39, L19302, doi:10.1029/2012GL053214
- Meletti C., D'Amico V., Ameri G., Rovida A., Stucchi M. (2012) - Seismic hazard in the Po Plain and the 2012 Emilia earthquakes. *Ann. Geophys.*, 55(4), 623-629. doi: 10.4401/ag-6158.
- Meletti C., Stucchi M. (2009) - Pericolosità sismica, normativa e zone sismiche nell'aquilano. http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/Pericolo_aq_090416.pdf.
- Montaldo Falero V., Meletti C., Stucchi M. (2009) - Earthquake Casualties in Italy: the Blame Game. *Seismol. Res. Lett.*, 80(6), 933-934. Doi: 10.1785/gssrl.80.6.933.
- Slejko D., Peruzza L., Rebez A. (1998) - The seismic hazard maps of Italy, *Ann. Geophys.* 41, no. 2, 183-214.
- Stucchi M., Meletti C., Montaldo V., Crowley H., Calvi G.M., Boschi E. (2011) - Seismic Hazard Assessment (2003-2009) for the Italian Building Code. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 101(4), 1885-1911. DOI: 10.1785/0120100130.
- Stucchi M., Meletti C., Rovida A., D'Amico V., Gomez Capera A.A. (2009) - Terremoti storici e pericolosità sismica dell'area aquilana. *Progettazione Sismica*, 1(3), 23-34.