



Valutazione della pericolosità sismica: considerazioni

Un'efficace politica di prevenzione sismica non può prescindere da una corretta valutazione della pericolosità, che consente di individuare le aree dove intervenire, definendo una scala di priorità, e di dosare gli interventi necessari. L'analisi di pericolosità viene effettuata mediante due approcci, quello probabilistico e quello deterministico, che potrebbero essere affiancati per una più completa e cautelativa definizione delle azioni sismiche. Fondamentali sono la formazione dei futuri cittadini affinché imparino a convivere con il rischio e la corretta informazione in occasione di eventi sismici

■ *Giovanni Bongiovanni, Paolo Clemente, Massimo Forni, Salomon Hailemichael, Guido Martini, Antonella Paciello, Dario Rinaldis, Vladimiro Verrubbi, Alessandro Zini*

Negli ultimi anni si sono verificati eventi sismici di magnitudo molto elevata, che hanno causato vittime e distruzione anche in paesi tradizionalmente più preparati del nostro sia in termini di prevenzione che di interventi in emergenza. Si è parlato spesso di terremoto eccezionale, non prevedibile, e certamente eventi come quello che l'11 marzo 2011 si è verificato al largo della costa orientale giapponese con il conseguente tsunami, o quelli del Cile del 27 febbraio 2010, di Haiti del 12 gennaio 2010 e del Wenchuan (Cina) del 12 maggio 2008 non sono all'ordine del giorno nel mondo e, in particolare, in Italia. Nel nostro pa-

ese eventi di minore energia, come quelli dell'Aquila del 2009 e dell'Emilia del 2012, hanno comunque provocato ingenti danni sia al tessuto edilizio residenziale sia a quello produttivo, oltre che alle strutture di interesse storico-artistico. Si tratta di due casi limite: il primo si riferisce ad un'area ad elevata sismicità, sede di importanti e relativamente frequenti eventi ben descritti dalle testimonianze delle varie epoche, il secondo ad una zona ritenuta a bassa sismicità. In entrambi i casi le scosse principali sono state accompagnate da foreshock e/o after-shock di varia intensità.

I motivi di tali disastri vengono attribuiti, da alcuni, soprattutto a una valutazione non corretta della pericolosità sismica nelle zone in questione, da altri, soprattutto a una scarsa qualità delle costruzioni. Nel presente articolo sono affrontati questi temi con l'obiettivo di fornire spunti di riflessione e discussione.

Pericolosità sismica di riferimento

La pericolosità sismica è una misura dell'entità dei fenomeni attesi in un sito in un determinato periodo di tempo. Attualmente la valutazione della pericolosità sismica di riferimento sul territorio italiano si basa su un approccio probabilistico (PSHA, probabilistic seismic hazard analysis) che consiste nella stima della probabilità che si verifichi un livello di scuotimento sismico maggiore di un assegnato valore, entro un dato periodo di tempo. Il livello di scuotimento può essere espresso mediante un parametro caratteristico: in genere la classificazione sismica e le norme tecniche per le costruzioni fanno riferimento all'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido (PGA, peak ground acceleration) che, essendo un parametro sintetico, è utile ai fini della classificazione del territorio ma non è rappresentativo dell'energia

■ Giovanni Bongiovanni, Paolo Clemente, Salomon Hailemichael, Guido Martini, Antonella Paciello, Dario Rinaldis, Vladimiro Verrubbi, Alessandro Zini
 ENEA, Unità Tecnica Caratterizzazione, Prevenzione e Risanamento Ambientale

■ Massimo Forni
 ENEA, Unità Tecnica Ingegneria Sismica

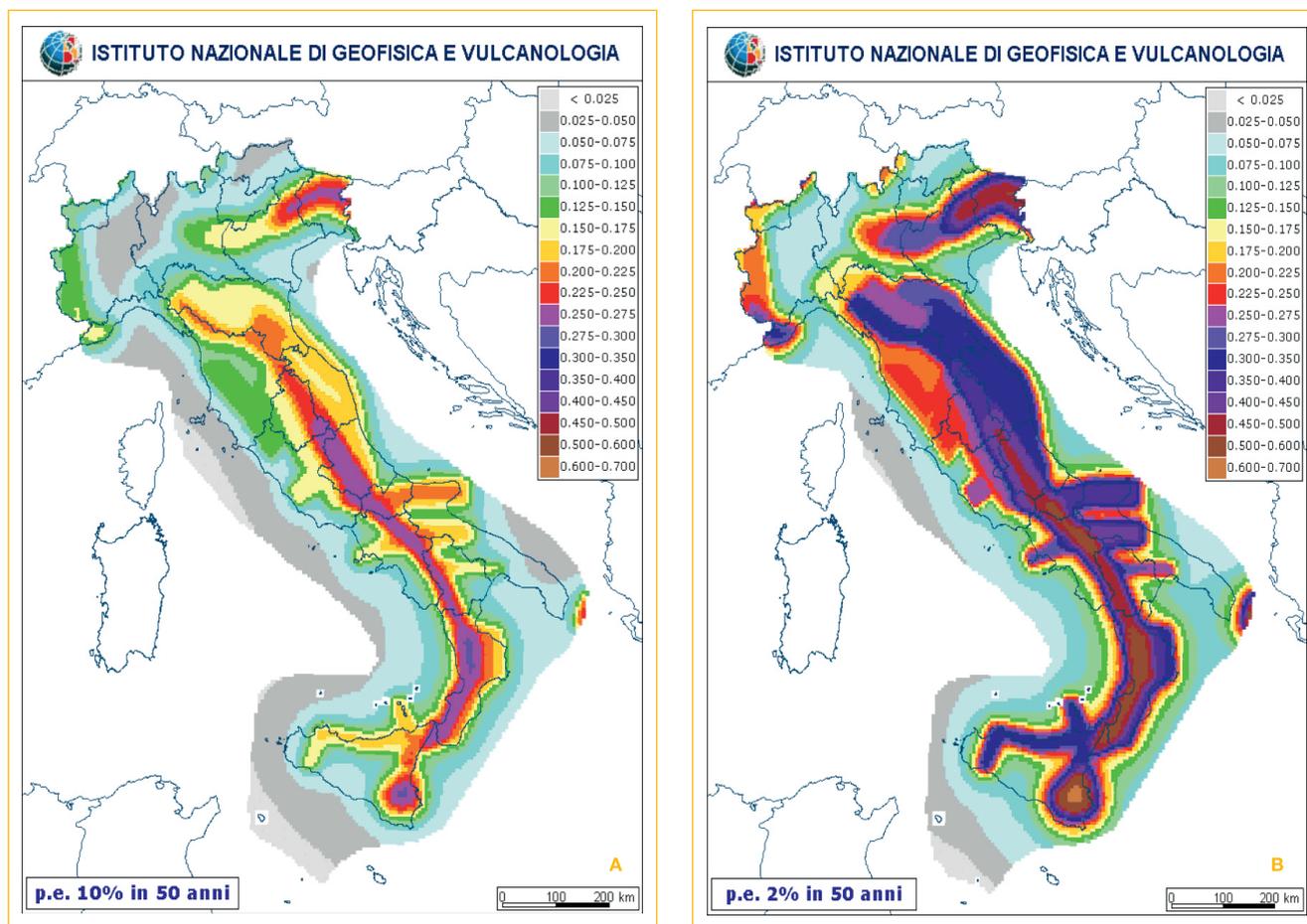


FIGURA 1 Mappe della pericolosità sismica di riferimento in termini di PGA relative, rispettivamente, ad una probabilità del 10% (a) e del 2% (b) di essere superata in 50 anni. Fonte: INGV

rilasciata né degli effetti sulle costruzioni (Bongiovanni et al., 2012). L'approccio probabilistico, introdotto alla fine degli anni 60 (Cornell, 1968), risulta particolarmente utile per la capacità di incorporare le incertezze relative ai dati di input e di formulare il risultato in modo tale da permetterne la sovrapposizione ad altri tipi di pericolosità ambientali. Utilizza i dati sismologici disponibili per delimitare e caratterizzare le sorgenti sismogenetiche in termini di

massima magnitudo e di ricorrenza (numero atteso di eventi in un anno per ciascun intervallo di magnitudo) e definire un modello di attenuazione dell'energia sismica.

Ciò permette di attribuire al sito di interesse una "storia sismica", che tiene conto dei contributi di tutte le sorgenti individuate. Assumendo un modello statistico delle "comparsesismiche" è quindi possibile ottenere stime del valore del parametro di riferimento che ha una assegnata

probabilità di essere superato al sito in un dato intervallo di tempo o, equivalentemente, che ha un assegnato tempo medio di ritorno; interpolando i risultati ottenuti per più siti, si possono ricavare le mappe di pericolosità, come quelle di riferimento per l'attuale normativa, realizzate in termini di PGA (Meletti e Montaldo, 2007). Al riguardo è bene evidenziare subito che i risultati dell'analisi probabilistica sono sempre relativi al cosiddetto "suolo rigido", ossia

non tengono conto di come il moto sismico in superficie possa essere modificato, in termini di ampiezza, durata e contenuto in frequenza, rispetto a quello in profondità o su roccia (bedrock), a causa delle condizioni geologiche e geomorfologiche locali.

L'approccio probabilistico fornisce mappe di pericolosità (Figura 1), ciascuna relativa ad un valore della probabilità che si verifichi un livello di scuotimento sismico maggiore di quello indicato dalla mappa stessa in un certo intervallo di tempo (usualmente di 50 anni), o a un determinato valore del tempo di ritorno. Nella progettazione di nuove costruzioni ordinarie, quali gli edifici per civili abitazioni, si fa riferimento al livello di scuotimento che ha nella zona una probabilità del 10% di essere superato in 50 anni, che equivale a un tempo di ritorno di 475 anni (Figura 1a). Tale scelta può non essere sufficientemente cautelativa. Ad esempio, all'evento sismico dell'Emilia del 20 maggio 2012 le mappe di pericolosità attribuivano una probabilità inferiore al 5% in 50 anni, ossia un tempo di ritorno di oltre 1000 anni, come si deduce dalla Figura 2, dove sono diagrammati i valori di PGA in funzione della probabilità di accadimento per il sito di Mirandola. L'evento, quindi, non era ritenuto impossibile ma semplicemente poco probabile o, meglio, poco frequente. Ad aggravare i danni, in questo caso, ha contribuito il fatto che i territori della Pianura Padana Emiliana siano stati inseriti tra le zone sismiche soltanto dal 2003; pertanto tutte le costruzioni realizzate prima di allora, e quindi gran parte delle strutture

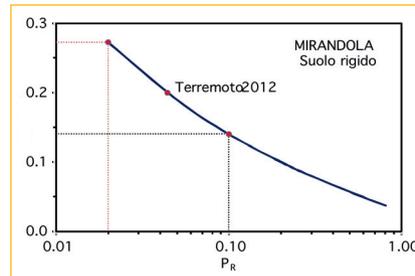


FIGURA 2 Valori di PGA in funzione della probabilità di accadimento P_R per il sito di Mirandola
Fonte: ENEA

esistenti, sono state progettate senza tener conto delle azioni sismiche. Anche per questo motivo numerosi edifici industriali hanno subito danni importanti o sono addirittura crollati: in alcuni casi le strutture erano labili per azioni orizzontali o i nodi tra i pilastri e le travi non erano in grado di trasmettere nemmeno minime azioni sismiche (Clemente et al., 2012). Val la pena ricordare che la classificazione del territorio nazionale è iniziata a seguito del disastroso evento di Messina e Reggio Calabria del 1908 e ha sempre seguito e quasi mai anticipato la realtà. Basti ricordare che al momento del sisma del 2002, il territorio comunale di San Giuliano di Puglia (Molise) era un'isola non classificata sismica in un mare di Comuni già da tempo inseriti tra le zone sismiche. La classificazione attuale supera questi limiti: l'intero territorio nazionale è stato classificato attribuendo valori di pericolosità, in termini di accelerazione orizzontale massima su suolo rigido per diversi valori del tempo di ritorno, ai punti di una maglia di lato pari a 5,5 km prescindendo dai confini amministrativi, evitando così innaturali discontinuità. Specie in aree ad elevata densità di

popolazione e per le strutture di attività produttive di interesse nazionale, come già previsto dalle vigenti norme per quelle di particolare rilevanza o strategiche, andrebbe adottato un grado di sicurezza maggiore riferendosi, ad esempio, alla mappa in Figura 1b, relativa ad una probabilità di superamento del 2% in 50 anni, ossia ad un tempo di ritorno di 2475 anni, che rappresenta il massimo attualmente contemplato dalle norme tecniche, compatibile con le nostre conoscenze sulla storia sismica. Al riguardo va osservato che eventi meno frequenti, con tempo di ritorno superiore a 2475 anni, potrebbero essere a noi sconosciuti; inoltre non va trascurata la possibilità di faglie ancora non identificate, come quella che generò il terremoto che il 16 luglio 2007 ($M=6,6$) colpì la cittadina di Chūetsu, nella prefettura di Niigata in Giappone, dove è situata la centrale nucleare di Kashiwazaki-Kariwa, la prima al mondo con un reattore di terza generazione e la prima a subire un terremoto violento.

In definitiva l'approccio probabilistico fornisce una descrizione della pericolosità che consente una scelta del grado di sicurezza o, inversamente, del rischio che si vuole accettare, che può essere ridotto significativamente ma non annullato.

Un'alternativa a quello probabilistico è l'approccio deterministico (DSHA, deterministic seismic hazard analysis) che fa riferimento all'evento massimo credibile, in grado di produrre quello che è ragionevolmente ritenuto il maggior livello di scuotimento al sito. Il metodo tiene conto sia della sismicità storica, ossia degli eventi osservati, sia delle

caratteristiche delle sorgenti che possono interessare il sito, e determina il terremoto di progetto in termini di magnitudo, meccanismo focale e distanza. La DSHA non tiene conto del tasso di ricorrenza dei terremoti, ma considera gli scenari in grado di generare il livello di scuotimento ritenuto verosimilmente maggiore al sito; di contro, l'approccio probabilistico tiene conto di tutti gli scenari di scuotimento possibili, inclusi quelli della DSHA (Abrahamson, 2006).

Un metodo relativamente recente è il neodeterministico (NDSHA, Neo-Deterministic Seismic Hazard Analysis).

A partire dalle informazioni disponibili in merito alla struttura della litosfera, alla distribuzione e caratteristiche delle sorgenti sismiche e al livello di sismicità dell'area in esame e utilizzando modelli numerici per simulare la generazione e la propagazione delle onde sismiche, il metodo permette di calcolare sismogrammi sintetici dai quali estrarre i valori dei parametri rappresentativi dello scuotimento sismico (Panza et al. 2001). Come affermano gli stessi Autori, la scarse conoscenze sulla struttura interna della Terra non permettono di calcolare forme d'onda sintetiche con contenuto in frequenza superiore ad 1 Hz, di interesse per la maggior parte delle strutture civili; l'estensione a frequenze superiori è fatta tenendo conto dei risultati delle analisi PSHA. I sismogrammi, vengono calcolati in relazione a diversi scenari, ovvero a differenti posizioni delle sorgenti e diversi valori dell'energia rilasciata dalle sorgenti stesse, consentendo analisi parametriche che forniscono la stima dell'incertezza associata al livello di pericolosità sismica del sito

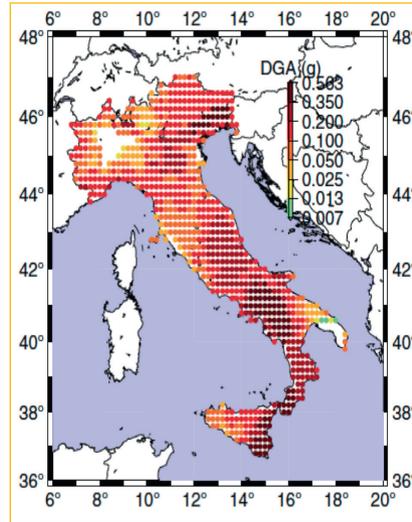


FIGURA 3 Mappa di pericolosità ottenuta con NDSHA
Fonte: Zuccolo et al., 2011

esaminato (Zuccolo et al., 2011). L'approccio neodeterministico fornisce una mappa di pericolosità (Figura 3) in termini di accelerazione al suolo di progetto (DGA, design ground acceleration), che è relativa al massimo evento credibile e che, pertanto, ai fini di un confronto, andrebbe paragonata alla mappa ottenuta con l'approccio probabilistico per un periodo di ritorno molto elevato. In Figura 4 sono riportate le coppie di valori PGA-DGA per il territorio italiano, considerando per la PGA il caso di probabilità di superamento del 2% in 50 anni (tempo di ritorno = 2475 anni). Si nota che i punti sono quasi ovunque al di sopra della bisettrice a dimostrazione che mediamente i valori di PGA sono più cautelativi dei valori di DGA; la PGA è mediamente più bassa soltanto per valori molto elevati del livello di scuotimento. I due approcci, probabilistico e deterministico, non sono necessa-

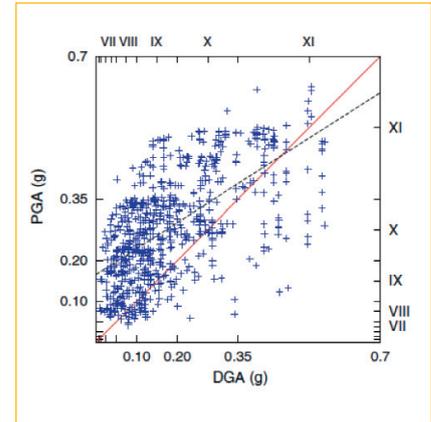


FIGURA 4 Confronto tra le stime del PGA (prob. di eccedenza 2% in 50 anni) e del DGA: la linea continua in rosso è la bisettrice $PGA=DGA$; la linea tratteggiata in nero è la retta di regressione dei dati
Fonte: Zuccolo et al., 2011

riamente alternativi, anzi possono essere affiancati confrontandone i risultati, come si fa normalmente per le piattaforme petrolifere offshore in aree ad alta sismicità (Chang et al., 2005), pur ricordando che alcune norme, come le ACI 376-10 del 2010 (Code Requirements for Design and Construction of Concrete Structures for the Containment of Refrigerated Liquefied Gases), prescrivono l'uso del metodo probabilistico con la motivazione che fornisce valori conservativi dello scuotimento sismico. Va infine ricordato che il valore massimo dell'accelerazione al suolo da solo non è significativo degli effetti sulle strutture e che andrebbero sempre considerati gli spettri di risposta di ogni specifico sito (che consentono di valutare i massimi effetti in funzione delle caratteristiche dinamiche delle strutture) o, ancora meglio, un congruo numero di accelerogrammi rappresentativi dello scuotimento

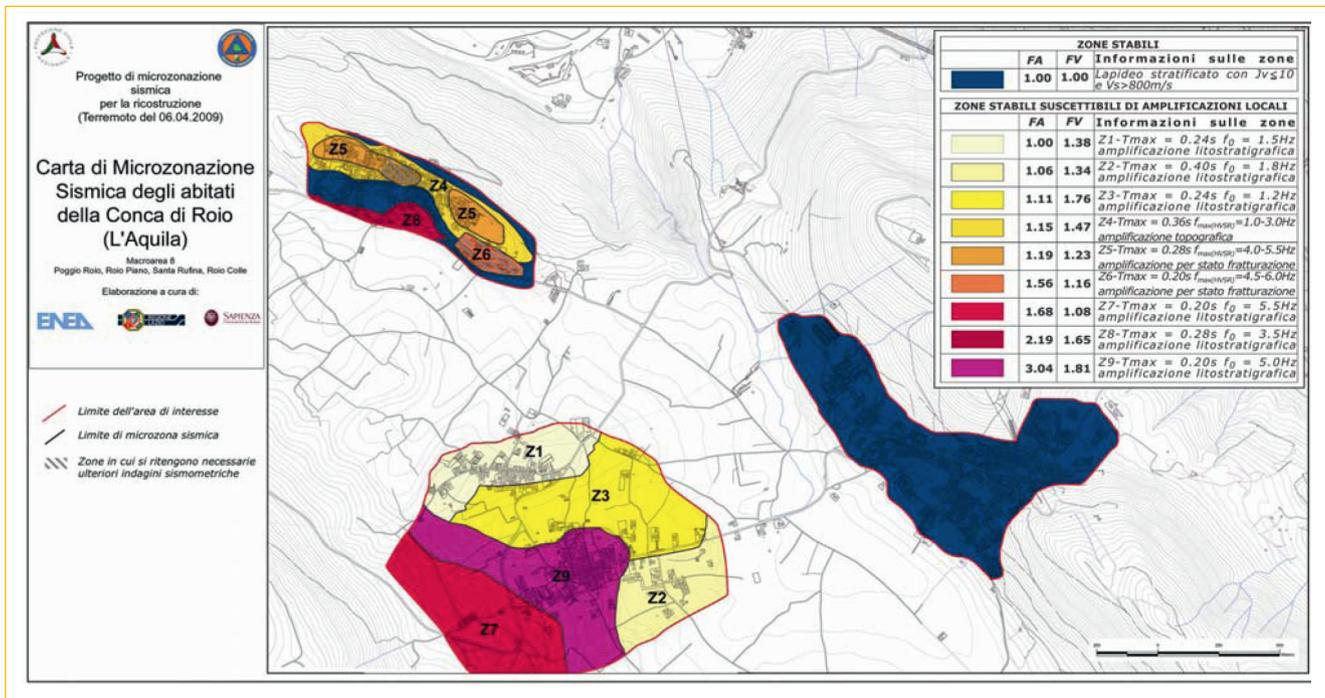


FIGURA 5 Microzonazione sismica della Conca di Roio, Comune di L'Aquila. La scala cromatica si riferisce ai differenti valori dei fattori di amplificazione sismica
 Fonte: Gruppo di Lavoro MS-AQ, 2010

possibile, da assumere come input al piede delle strutture. La disponibilità di una banca dati accelerometrica mondiale, con numerose registrazioni su siti di vario tipo, dovrebbe favorire l'utilizzo di terremoti reali nella progettazione strutturale

Microzonazione sismica

Come appena precisato, la valutazione della pericolosità di base non è sufficiente a definire le azioni sismiche al piede di una struttura in quanto fornisce informazioni relative allo scuotimento sismico su suolo rigido, che può subire notevoli variazioni per effetti locali, in termini di valori di picco, durata e contenuto in frequenza, e assumere valori molto diversi a brevi distanze.

Anche durante il sisma emiliano le caratteristiche locali del sottosuolo hanno determinato un maggior contenuto alle basse frequenze dello scuotimento, con effetti più dannosi per strutture meno rigide come i campanili e gli edifici industriali.

Di qui la necessità della microzonazione sismica (Figura 5), che si sviluppa su tre livelli (Gruppo di lavoro MS, 2008). Nel Livello 1 il territorio in esame viene suddiviso in microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS), classificate in aree instabili, da non utilizzare per lo sviluppo urbanistico, aree stabili, quindi utilizzabili, ed aree stabili ma suscettibili di amplificazione. Per queste ultime è necessario un approfondimento per valutare l'am-

plificazione sismica in superficie, che può essere fatto, per i casi più semplici, mediante l'uso di abachi predisposti (Livello 2) e, per i casi più complessi, mediante accurate misure in sito e un'adeguata modellazione numerica (Livello 3).

I fattori di amplificazione sismica, calcolati sulla base di parametri geologico-tecnici e geofisici caratteristici per ogni microzona e rappresentativi del comportamento medio dell'area, sono uno strumento utile per la scelta delle aree più idonee allo sviluppo urbanistico e possono fornire indicazioni sull'opportunità di eseguire analisi di risposta sismica locale in siti specifici per la progettazione di singole opere (Rinaldis & Clemente, 2013).

Protezione delle strutture esistenti

I valori dell'azione sismica forniti dai due approcci, probabilistico e deterministico, sono sempre utilizzabili nella progettazione delle nuove co-

struzioni. L'obiettivo di ottenere un analogo livello di protezione, ossia l'adeguamento sismico, non è quasi mai raggiungibile per le costruzioni esistenti. Infatti, gran parte delle strutture esistenti (circa il 70%) è

stata progettata con norme sismiche meno severe di quelle attuali o addirittura senza tener conto dell'azione sismica, perché in area classificata sismica soltanto di recente oppure progettata in epoca antecedente qualunque norma, e risulta molto difficile o addirittura impossibile renderle conformi alle nuove norme per motivi tecnologici e/o economici. Per esse si accetta il miglioramento, ossia un livello di protezione inferiore rispetto a quello richiesto per le nuove costruzioni; pertanto, una differenza anche significativa tra i valori di pericolosità forniti dai due approcci viene di fatto attutita in valore assoluto (Clemente et al., 2013). A volte, soprattutto per le strutture di interesse storico, conviene procedere al contrario: gli interventi sono scelti tenendo conto di quello che è tecnicamente ed economicamente realizzabile, anche nel rispetto della concezione architettonico-strutturale originaria e del valore storico, e successivamente si verifica che il livello di miglioramento raggiunto sia non minore di un minimo accettabile. Nella pratica si accettano valori ridotti dell'azione sismica anche fino al 60% di quella assunta per il progetto delle nuove costruzioni, come accade nei lavori di riparazione a seguito di eventi sismici.

La nuova classificazione sismica del Lazio

Nel corso degli studi per la nuova classificazione sismica del Lazio, è stata messa a punto dall'ENEA una metodologia che, sulla base dell'analisi dei parametri di accelerazione al sito previsti dalla classificazione sismica nazionale e della sismicità storica che ha interessato il territorio regionale, consente l'identificazione di aree con caratteristiche omogenee di scuotibilità locale e la definizione di registrazioni accelerometriche rappresentative del moto atteso al suolo (Orazi et al. 2008, Rinaldis et al. 2011).

A tal fine il territorio regionale del Lazio è stato suddiviso in Unità Amministrative Sismiche (UAS), corrispondenti ai territori dei singoli Comuni o, nel caso del Comune di Roma, dei municipi. In particolare, sono stati analizzati statisticamente i valori e le forme degli spettri ad hazard uniforme (UHS) disponibili per tutto il territorio nazionale (Meletti e Montaldo 2007, Montaldo e Meletti 2007) e mediante la tecnica statistica della "cluster analysis" sono stati identificati raggruppamenti di UAS con caratteristiche omogenee delle accelerazioni del suolo; detti raggruppamenti, insieme ai valori di massima accelerazione orizzontale attesa, sono alla base della classificazione delle UAS nelle nuove zone sismiche (Zone 1, 2A, 2B, 3A, 3B).

Per la definizione degli accelerogrammi di riferimento, l'analisi della sismicità storica che ha interessato il territorio regionale ha fornito alcuni parametri sismologici (meccanismo focale, magnitudo, distanza epicentrale) utilizzati come chiavi di ricerca nelle banche dati accelerometriche mondiali. Sono state così selezionate diverse serie di registrazioni reali compatibili con le caratteristiche sismologiche e geologiche dei terremoti ai quali possono essere soggetti i diversi gruppi di UAS.

Mediante una tecnica di confronto di forma tra gli spettri di risposta delle registrazioni e gli spettri UHS medi dei raggruppamenti di UAS identificati con l'analisi statistica, sono state selezionate 5 tracce accelerometriche per ogni gruppo di UAS. L'assegnazione degli accelerogrammi di riferimento alle singole UAS è avvenuta scalando le tracce del gruppo di cui fa parte la UAS al valore medio dell'accelerazione di picco, vale a dire dell'accelerazione dello spettro di risposta corrispondente al periodo $T=0$, calcolato per ogni UAS sulla base dei valori previsti dalla classificazione sismica nazionale. Gli accelerogrammi di riferimento individuati in ciascuna UAS sono a disposizione dei professionisti per gli studi di microzonazione sismica e le analisi di risposta sismica locale da eseguire nel territorio regionale del Lazio (DGR Lazio n. 387/09, DGR Lazio n. 545/10).

Previsione dei terremoti

È noto che la previsione a breve termine, ossia l'identificazione con qualche giorno o settimana di anticipo del giorno, dell'area epicentrale e della magnitudo di un sisma, al momento non è possibile e forse non lo sarà mai. Analogamente, non è possibile nemmeno escludere l'accadimento di un sisma.

Alcune esperienze sembrerebbero dimostrare il contrario: il 4 febbraio 1975 la città di Haicheng (provincia di Liaoning, in Manciuria, Cina) fu evacuata un giorno prima di un evento di magnitudo 7,3, salvando la vita a oltre 3 milioni di persone. La previsione era frutto di un programma di studi avviato in Cina nel 1966, nell'ambito del quale furono diramati numerosi allarmi per eventi sismici che, però, in molti casi non si sono verificati. La previsione si basava sull'osservazione di alcuni fenomeni, i cosiddetti precursori sismici, che spesso si verificano prima di un evento importante, tra cui l'aumento del numero di terremoti di bassa magnitudo: la scossa principale, come è successo anche all'Aquila nel 2009, è spesso preceduta e seguita da sciami sismici, a volte di lunga durata, ma ciò non si verifica sempre, quindi la relazione non può essere presa come certa. Una cosa però è certa: dopo decine o centinaia di scosse, pur di intensità relativamente debole, gli edifici, specie quelli in cattivo stato di salute, meno recenti e con scarsa manutenzione, potrebbero aver subito danni e non avere più la capacità di sopportare azioni sismiche che avevano prima. Che cosa si fa in questi casi? Un semplice esame visivo non basta. Una corretta valutazione dello stato di salute di un edificio richiede accurate analisi sperimentali sui materiali e sulla struttura; sulla base dei risultati di tali analisi va tarato un modello matematico, che consenta la valutazione della sicurezza della struttura. Ovviamente si tratta di operazioni che possono essere costose e richiedere tempi non

brevi e in caso di esito negativo l'edificio va evacuato. A livello mondiale, dopo quello cinese il più importante esperimento di previsione è stato avviato, nella seconda metà degli anni 80, a Parkfield in California, con riferimento a un settore della famosa faglia di San Andreas (Bakun and Lindh, 1985). Lo studio, che ha anche l'obiettivo di fornire informazioni sul processo di genesi dei terremoti, si basa sull'analisi dei dati forniti dalle numerose reti di monitoraggio in relazione alla deformazione in prossimità della faglia, al movimento lungo la faglia ed ai terremoti associati, nonché sull'analisi dei possibili fenomeni precursori. Pur fornendo dati indispensabili per una maggiore conoscenza del fenomeno sismico, l'esperimento non è stato in grado di offrire una corretta previsione a lungo termine né di individuare chiari fenomeni precursori nel breve periodo (Bakun et al., 2005). Sulle anomalie delle sequenze dei terremoti di bassa magnitudo, in particolare in relazione alla loro frequenza, intensità e localizzazione, si basano alcune sperimentazioni di previsione a medio termine condotte da un gruppo internazionale che comprende ricercatori dell'Università di Trieste (Peresan et al., 2005). I risultati, soprattutto se saranno affinati in termini di estensione dell'area interessata e di ampiezza dell'intervallo di tempo – al momento entrambi relativamente grandi – potrebbero essere utili nelle scelte della scala di priorità di interventi a scopo preventivo, sempre che le previsioni forniscano informazioni con un congruo anticipo. Recentemente è sta-

to avviato, nell'ambito di un accordo quadro tra Dipartimento della Protezione Civile e Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, il progetto "S3 - Previsione a breve termine e preparazione dei terremoti" che ha l'obiettivo di identificare e valutare procedure per la previsione a breve termine sulla base dell'analisi retrospettiva di molteplici parametri considerati informativi sulla genesi dei terremoti, in due aree campioni: la Pianura Padana e l'Appennino meridionale.

Scienza e informazione

La difesa dai terremoti comporta l'assunzione di decisioni e non può prescindere dall'informazione dei cittadini. Secondo il nostro parere, il ruolo degli esperti è quello di fornire alle istituzioni le proprie valutazioni deducibili sulla base delle attuali conoscenze, evidenziandone chiaramente il grado di incertezza e, quindi, l'affidabilità. Essi devono poter operare senza nessun tipo di condizionamento, in qualità di scienziati. La decisione sul da farsi



FIGURA 5 “Edificio non sicuro in caso di sisma”: cartelli come questo in California sono molto diffusi

spetta alle autorità pubbliche preposte e non può che essere nella direzione della massima prudenza anche se dovesse costare il sacrificio di una stagione turistica o di qualche notte all'aperto. Alle stesse autorità spetta anche il compito di informare adeguatamente i cittadini sui rischi in gioco e sulle azioni messe in campo, mettendoli in condizione di decidere cosa fare.

Per questo è necessario insegnare ai cittadini a convivere con il rischio. Lo hanno ben capito in Giappone, dove la popolazione apprende come comportarsi in caso di terremoto fin dai primi anni di scuola. Ciò contribuisce a formare cittadini consapevoli, che pretendono la sicurezza delle proprie abitazioni, e progettisti e costruttori che sanno come garantirla. Sempre nell'ottica

dell'informazione, un esempio che noi riteniamo debba essere seguito è quello della California, in cui viene affisso all'ingresso di numerosi edifici un cartello che indica chiaramente la loro scarsa sicurezza dal punto di vista sismico (Figura 6), riconoscendo il diritto di chi si reca in un edificio per lavoro, svago o altro, di sapere se sta entrando in una struttura sicura o meno.

bibliografia

- Abrahamson N. A. (2006). "Seismic hazard assessment: problems with current practice and future developments.". *Proceedings, First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology*, Geneva, Switzerland, 17 pp.
- Bakun W.H., Lindh A.G. (1985). "The Parkfield, California earthquake prediction experiment", *Science*, 229, 619-624.
- Bakun W. H., Aagaard B., Dost B., Ellsworth W. L., Hardebeck J. L., Harris R. A., Ji C., Johnston M. J. S., Langbein J., Lienkaemper J. J., Michael A. J., Murray J., Nadeau R. M., Reasenberg P. A., Reichle M. S., Roeloffs E. A., Shakal A., Simpson R. W., Waldhauser F. (2005). "Implications for prediction and hazard assessment from the 2004 Parkfield earthquake". *Nature*, 437, doi:10.1038/nature04067.
- Bongiovanni G., Buffarini G., Clemente P., Saitta F. (2012). "Building in seismic areas: towards a new prevention policy". 15th World Conf. on Earth. Eng., 15WCEE, (Lisbon, 24-28 Sept.), Paper No. 0672.
- Chang B., Abraham M., Peng B. F. (2005). "Comparison of ISO and API Design Guidelines Using 3 Existing". Offshore Platforms Offshore Technology Conference (Houston, TX, USA).
- Clemente P., Forni M., Martelli A. (Eds) (2012). *Focus on The Pianura Padana Emiliana Earthquake. Energia, Ambiente e Innovazione*, No. 4-5, Parte II, ENEA, Roma.
- Clemente P., Rinaldis D., Bongiovanni G., Saitta F. (2013). "What information are needed to design anti-seismic structures?". *Proc. Earthquake Resistant Engineering Structures, ERES 2013 (July 8-10, A Coruña)*, WIT Transactions on The Built Environment.
- Colombi A., Hålemikael S., Martini G., Martino S., Paciello A., Peloso A., Salvatori L., Scarascia Mugnozza G., Verrubbi V. (2013). "Studies for seismic microzonation in Latium region (Italy) by experiencing the application of official guide-lines in intra-mountain plains". *Proc. Earthquake Resistant Engineering Structures, ERES 2013 (July 8-10, A Coruña)*, WIT Transactions on The Built Environment.
- Cornell C. A. (1968). "Engineering seismic risk analysis", *Bull. Seism. Soc. Am.*, 58(5), pp. 1583-1606.
- Gruppo di lavoro MS (2008). *Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome - Dipartimento della Protezione Civile*, Roma, 3 vol. e DVD.
- Gruppo di Lavoro MS-AQ (2010). *Microzonazione sismica per la ricostruzione dell'area aquilana. Regione Abruzzo - Dipartimento della Protezione Civile, L'Aquila*, 3 vol. e CD-rom.
- Kellis-Borok V., Soloviev A. (2003). *Nonlinear Dynamics of the Lithosphere and Earthquake Prediction*. Springer Series in Synergetics, Heidelberg, 338 pp.
- Meletti C., Montaldo V. (2007). *Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di ag. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D2*, <http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>
- Montaldo V., Meletti C. (2007). *Valutazione del valore della ordinata spettrale a 1sec e ad altri periodi di interesse ingegneristico. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D3*, <http://esse1.mi.ingv.it/d3.html>
- National Earthquake Prediction Evaluation Working Group, *Earthquake Research at Parkfield, California, for 1993 and beyond*, U.S. Geological Survey Circular 1116, 14pp., 1994.
- NTC (2008). *Norme tecniche per le costruzioni*. Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008, Supplemento ordinario alla G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008.
- Orazi A., Colasanto F., Colombi A., Martini G., Paciello A., Pugliese A., Rinaldis D., Zini A. (2008). "The Seismic Zonation of Latium Region Based on New Criteria", *Proc. 14th World Conference on Earthquake Engineering (Beijing, 12-17 October)*, IAEE & CAEE, Mira Digital Publishing, Saint Louis, Paper 07-0199.
- Panza G., Romanelli F., Vaccari F. (2001). "Seismic wave propagation in laterally heterogeneous anelastic media: theory and applications to seismic zonation". *Advances in Geophysics*, 43, 1-95.
- Peresan A., Kossobokov V., Romashkova L., Panza G.F. (2005). *Intermediate-term middle-range earthquake predictions in Italy: a review*. *Earth Science Reviews*, 69 (1-2), 97-132.
- Rinaldis D., Clemente P. (2013). "Seismic input characterization for some sites in Italy". *Proc. Earthquake Resistant Engineering Structures, ERES 2013 (July 8-10, A Coruña)*, WIT Transactions on The Built Environment.
- Rinaldis D., Pugliese A., Martini G., Zini A. (2011). "Analisi della pericolosità sismica di base". In Scarascia Mugnozza G. (ed.), *La pericolosità sismica nel Lazio. Pericolosità sismica di base, analisi di risposta sismica locale e studi per la microzonazione sismica*, Italian Journal of Engineering Geology and Environment - Book Series, Università La Sapienza, Rome, Cap. 1, 21-53.
- Zuccolo E., Vaccari F., Peresan A., Panza G. (2011). "Neo-deterministic and probabilistic seismic hazard assessment: a comparison over the Italian territory". *Pure Appl. Geophys.*, 168, 69-83.