



Centro Universitario Europeo
per i Beni Culturali
Ravello

Territori della Cultura

Rivista on line Numero 28 Anno 2017

Iscrizione al Tribunale della Stampa di Roma n. 344 del 05/08/2010

SPECIALE

Terremoti, edificato esistente,
protezione dei beni culturali.

Sommario



Centro Universitario Europeo
per i Beni Culturali
Ravello

Comitato di redazione	5
La Politica del Centro di Ravello: dalla protezione della Cultura alla cultura della Protezione Alfonso Andria	8
Vulnerabilità sismica tra prevenzione ed emergenza Pietro Graziani	11
SPECIALE: Terremoti, edificato esistente, protezione dei beni culturali	
Ferruccio Ferrigni L'edificato storico: insieme fragile o archivio di saperi, ancora utili? Un trentennio della linea di attività "Culture Sismiche Locali"	14
Pietro Graziani Alcune riletture dei lavori del Comitato Nazionale per la prevenzione del patrimonio culturale dal rischio sismico, istituito per volere del Ministero per i beni culturali e ambientali e dell'Ufficio del Ministro per la Protezione Civile (1984-1987)	30
Giuseppe Luongo La macchina dei Terremoti	36
Piero Pierotti Leopoldo Pilla: il ruolo dell'esperienza diretta	46
Denise Ulivieri Architettura vernacolare. Linguaggio comune degli edifici e culture sismiche locali.	62
Francesco Gurrieri I conti col terremoto. In tema di riabilitazione e ricostruzione post-sismica	78
Maurizio Ferrini Interventi su edifici pubblici e residenziali dal 1983 in Lunigiana e Garfagnana. La Prevenzione sismica è possibile	90
Andrea Barocci, Corrado Prandi, Vittorio Scarlini Proviamo a parlare del sisma	138
Giovanni Berti, Corrado Monaca La vicenda del fascicolo del fabbricato	146
Piero Pierotti Aristotelismo di stato. Conflitti possibili tra gli aggiornamenti della ricerca a confronto con le rigidità della normativa	160

Comitato di Redazione



Centro Universitario Europeo
per i Beni Culturali
Ravello

Presidente: Alfonso Andria

comunicazione@alfonsoandria.org

Direttore responsabile: Pietro Graziani

pietro.graziani@hotmail.it

Direttore editoriale: Roberto Vicerè

rvicere@mpmirabilia.it

Responsabile delle relazioni esterne:

Salvatore Claudio La Rocca

sclarocca@alice.it

Comitato di redazione

Jean-Paul Morel Responsabile settore
"Conoscenza del patrimonio culturale"

jean-paul.morel3@libertysurf.fr;

Claude Albore Livadie Archeologia, storia, cultura

morel@msh.univ-aix.fr

Max Schvoerer Scienze e materiali del
patrimonio culturale

alborelivadie@libero.it

Beni librari,

schvoerer@orange.fr

documentali, audiovisivi

Francesco Caruso Responsabile settore

francescocaruso@hotmail.it

"Cultura come fattore di sviluppo"

Piero Pierotti Territorio storico,

pierotti@arte.unipi.it

ambiente, paesaggio

Ferruccio Ferrigni Rischi e patrimonio culturale

ferrigni@unina.it

Dieter Richter Responsabile settore

dieterrichter@uni-bremen.de

"Metodi e strumenti del patrimonio culturale"

Informatica e beni culturali

Matilde Romito Studio, tutela e fruizione
del patrimonio culturale

matilde.romito@gmail.com

Adalgiso Amendola Osservatorio europeo
sul turismo culturale

adamendola@unisa.it

Segreteria di redazione

Eugenia Apicella Segretario Generale

apicella@univeur.org

Monica Valiante

Velia Di Riso

Rosa Malangone

Progetto grafico e impaginazione

Mp Mirabilia Servizi - www.mpmirabilia.it

Info

Centro Universitario Europeo per i Beni Culturali

Villa Rufolo - 84010 Ravello (SA)

Tel. +39 089 857669 - 089 2148433 - Fax +39 089 857711

univeur@univeur.org - www.univeur.org

Per consultare i numeri
precedenti e i titoli delle
pubblicazioni del CUEBC:
www.univeur.org - sezione
pubblicazioni

Per commentare
gli articoli:
univeur@univeur.org

Main Sponsors:



ISSN 2280-9376



Giuseppe Luongo

La macchina dei Terremoti

I terremoti si succedono secondo una legge temporale a noi ancora ignota, rimanendo così finora imprevedibili, lasciando nei territori colpiti distruzione e vittime. Per mitigare tali disastri sismologi, geologi, ingegneri, storici, urbanisti, sociologi, economisti affrontano lo studio dei terremoti da tutti i possibili punti di vista al fine di definire percorsi e mezzi per contenerne gli effetti, prevederli ed eventualmente controllarli. I terremoti sono stati considerati a lungo fenomeni sovranaturali e solo nel 1760 fu riconosciuta la loro origine all'interno della Terra con la propagazione di onde elastiche. Circa un secolo dopo furono effettuati i primi tentativi sistematici per applicare le leggi della fisica al loro studio. Nel secolo successivo gli studiosi acquisirono ampie conoscenze sugli effetti dei terremoti, sulla loro distribuzione geografica, sulla propagazione delle onde da questi generate, e sulla struttura interna della Terra. Dalla seconda metà del secolo scorso la sismologia è stata caratterizzata da un progresso straordinario, principalmente per l'utilizzo nei laboratori di ricerca dei moderni computer e lo sviluppo dei sistemi per l'acquisizione dei dati che hanno consentito di registrare il moto del suolo, prima in forma analogica e poi digitale, per un intervallo di frequenze di diversi ordini di grandezza. Queste nuove tecnologie hanno consentito ai sismologi di ottenere misurazioni con molta maggiore precisione e qualità di quanto fosse stato possibile in passato. In tal modo ai dati di elevata qualità registrati è stato possibile applicare analisi avanzate di calcolo ed elaborare modelli teorici per interpretarli. Il risultato di tale sviluppo tecnologico si è tradotto in uno straordinario progresso nella conoscenza della struttura della Terra e della natura delle sorgenti dei terremoti.

La storia della sismologia può farsi risalire alla costruzione dei primi insediamenti stabili attraverso indagini archeologiche o ai tempi geologici secondo gli studiosi di paleosismicità che analizzano gli effetti dei terremoti negli strati più superficiali della crosta. La nascita della sismologia moderna può essere datata al 1821, quando Louis Navier introdusse le equazioni del moto. In tale data ha inizio l'*era pre-sismografi* (1821-1891) durante la quale matematici e fisici effettuarono un intenso lavoro teorico realizzando le teorie matematiche dell'elasticità infinitesimale e dei campi sismici. Il periodo successivo è indicato come *era pre-computer* (1892-1950), caratterizzata dall'acquisizione dei dati strumentali che dimostravano l'attendibilità dei risultati delle ricerche teoriche. Con i dati sperimentali furono così verificati i modelli proposti per la struttura

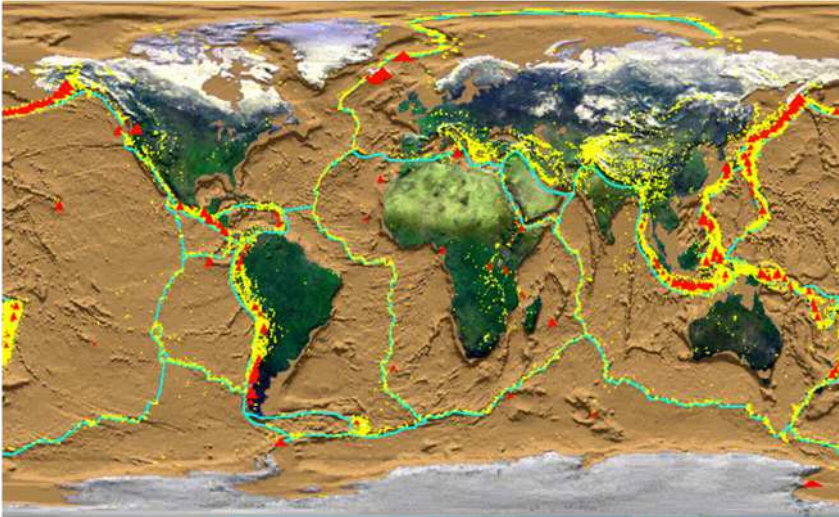


Fig. 1 Le fasce sismiche delimitano le zolle ed i meccanismi dei terremoti forniscono i dati sul moto relativo delle zolle (compressione, tensione e trascorrenza; vedi Fig. 3).

della Terra e per le sorgenti sismiche e furono scoperte le proprietà fondamentali delle onde di massa e delle onde superficiali. Inoltre matematici e fisici teorici introdussero nuovi metodi per analizzare la propagazione delle onde, utilizzati dai sismologi per risolvere il problema della propagazione delle onde all'interno della Terra. La *terza era* della sismologia inizia nel 1951, con la realizzazione di sismografi ad elevata sensibilità e la crescente diffusione dei computer.

La geografia sismica del mondo mostra che la maggior parte dei terremoti sono distribuiti in zone relativamente strette a profondità da qualche km a decine di km (*zone sismiche*); solo in alcune aree i sismi si distribuiscono fino ad alcune centinaia di km di profondità (*Piani di Benioff*). (Fig. 1)

Una modellazione attendibile dell'intero processo che si sviluppa con la genesi del terremoto, la propagazione delle onde sismiche all'interno della Terra e lo scuotimento del suolo in superficie risulta fondamentale per la scelta delle tecniche costruttive perché gli edifici sollecitati dalle azioni sismiche non subiscano il collasso. Una sorgente sismica viene generalmente rappresentata come un punto all'interno della Terra, denominato ipocentro, dal quale si irradiano le onde sismiche. Tale punto proiettato sulla superficie viene indicato con il termine epicentro e rappresenta il punto dove si libera la maggiore energia sismica al suolo. (Fig. 2) Questa

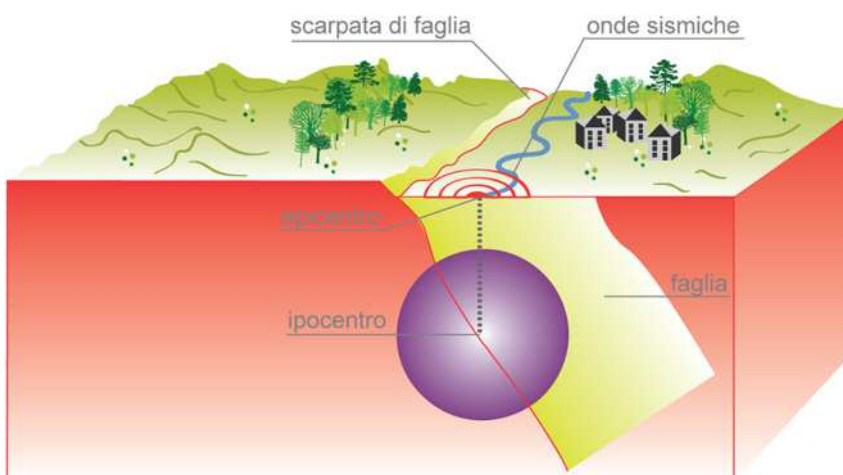


Fig. 2 Sorgente del terremoto. L'ipocentro rappresenta la parte della superficie di faglia dove inizia la fratturazione del mezzo o lo scorrimento di due blocchi separati dal piano di faglia, dal quale si dipartono le onde sismiche. Il punto in superficie sulla verticale all'ipocentro è detto epicentro (da INGV).

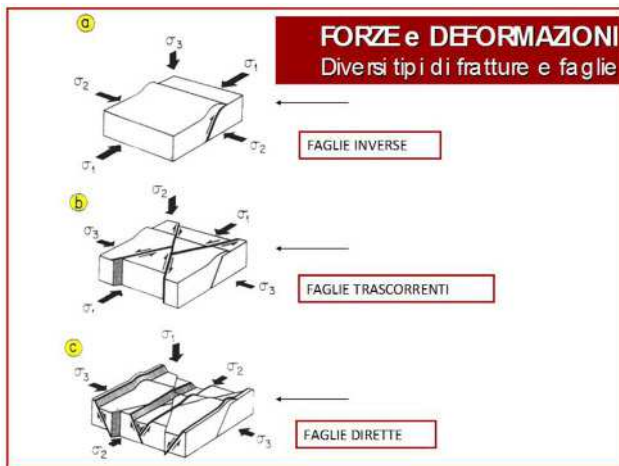


Fig. 3 Forze e Deformazioni. La diversa disposizione nello spazio degli sforzi principali producono tre tipologie di faglie: a) Faglie inverse – lo sforzo principale massimo (σ_1) è orizzontale e lo sforzo principale minimo (σ_3) è verticale; b) Faglie trascorrenti – gli sforzi principali massimo (σ_1) e minimo (σ_3) agiscono entrambi nel piano orizzontale; c) Faglie dirette – lo sforzo principale massimo (σ_1) è verticale e lo sforzo principale minimo (σ_3) è nel piano orizzontale.

Fig. 4 (a destra) Effetto della faglia del terremoto del 23 novembre 1980 in Irpinia (Magnitudo 6.8)

rappresentazione corrisponde ad un processo che si sviluppa in una Terra ritenuta omogenea ed isotropa e con una sorgente sismica puntiforme. La realtà è ben più complessa, perché l'interno della Terra è caratterizzato da discontinuità e da variazioni delle proprietà fisiche dei corpi geologici nei quali si propagano le onde sismiche e la sorgente sismica ha dimensioni finite e crescenti proporzionalmente all'energia liberata. Il processo fisico che rappresenta la sorgente sismica è una frattura che si genera nelle rocce sottoposte all'azione di forze tettoniche, quando si supera il loro limite di rottura. La superficie di rottura è denominata faglia e separa i due blocchi opposti del corpo geologico che si muovono l'uno rispetto all'altro con moti condizionati dall'orientazione delle forze agenti. I moti relativi possono essere di compressione, di tensione oppure sono prodotti dallo scorrimento dei due blocchi l'uno accanto all'altro. Ad ognuna di queste condizioni corrisponde un diverso meccanismo di frattura e quindi una diversa tipologia di faglia. Tale struttura potrebbe preesistere al terremoto; in tal caso il sisma sarebbe generato dalla riattivazione della faglia. Poiché la sorgente sismica ha una dimensione finita le coordinate dell'ipocentro determinate dalle reti sismiche rappresentano il punto nella sorgente estesa dove ha inizio la rottura (Figg. 3 e 4).

Il terremoto può essere rappresentato come una macchina che accumula energia da una sorgente e istantaneamente ne converte parte in energia cinetica, producendo fratture nelle rocce e vibrazioni al suolo. Il terremoto, quindi, è dovuto ad un brusco cambiamento nello stato fisico della "macchina". L'intero processo può essere rappresentato da un ciclo sismico

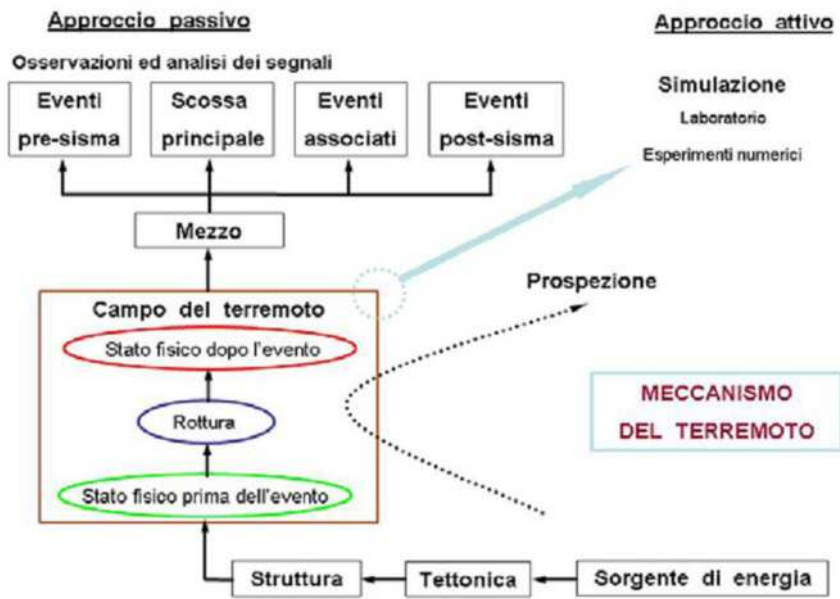


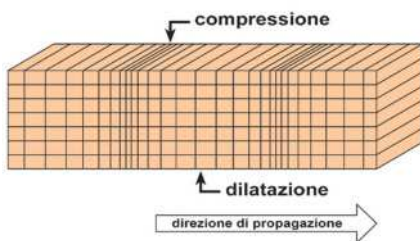
Fig. 5 Schema della struttura che genera il terremoto e tipologie di osservazione del fenomeno caratterizzate da approcci passivo e attivo. Il campo del terremoto è un contenitore di energia fornita da una sorgente più profonda e accumulata come energia potenziale fino allo stato critico. La sorgente di energia del terremoto è nel Mantello; questa è trasferita alla Litosfera che modifica il suo stato fisico fino alla rottura, liberando sotto forma di onde elastiche una parte dell'energia accumulata. Un fattore critico in questo processo è il meccanismo di innesco per l'azione di forze di origine esterna o interna. I terremoti si presentano spesso in sequenze temporali complesse, caratterizzate da un evento principale preceduto e seguito da eventi di minore energia. La storia tettonica di una regione registra la ripetizione di cicli sismici che si sviluppano con una successione di fasi: Intersismica, durante la quale si ha accumulo di energia potenziale; Presismica, il mezzo ha un comportamento anelastico al livello dello sforzo critico; Cosismica, l'energia potenziale si converte in energia cinetica; Postsismica, transizione al nuovo equilibrio.

nel quale la sorgente di energia del processo è individuata nel Mantello, la cui dinamica genera deformazioni nella Litosfera dove si caratterizzano i campi dei terremoti. Questi sono definiti dallo stato fisico del mezzo nella fase pre-evento, dalla sua successiva rottura e dallo stato fisico post-evento. Le caratteristiche fisiche del mezzo possono essere esplorate nelle diverse fasi con la registrazione di eventi naturali e dei campi (gravimetrico, elettromagnetico) e con metodi attivi, quali le prospezioni. Il comportamento del campo del terremoto può essere analizzato con lo studio della successione di terremoti che precedono e seguono l'evento principale (sequenza foreshocks-mainshock-aftershocks). Infine l'analisi può essere completata da indagini di laboratorio e da simulazioni numeriche (Fig. 5).

Per lo sviluppo della sismologia sono stati essenziali i risultati conseguiti dalla meccanica del continuo con i concetti di sforzo (stress) e deformazione (strain) e delle equazioni di campo derivate per la rappresentazione della propagazione delle onde nei mezzi elastici e anelastici. L'onda è una perturbazione periodica che si propaga nel mezzo con una velocità finita e con due importanti caratteristiche: 1. L'energia si propaga a distanza; 2. La perturbazione viaggia nel mezzo senza produrre allo stesso una deformazione permanente. Infatti ogni singola particella del mezzo ha un moto simile a quella che l'ha preceduta, ma in un tempo successivo, per ritornare poi alle condizioni iniziali. Tale moto è governato da un'equazione differenziale indicata come *equazione d'onda*. Le onde sismiche si dividono in due tipologie: onde di massa o di volume (body waves) e onde superficiali (surface waves). Le onde di massa si distinguono in due diversi tipi: in uno lo spostamento della particella avviene nella stessa direzione della propagazione dell'onda e prende il nome di *onda longitudinale* o *onda P*; nell'altro lo spostamento della particella è perpendicolare alla di-



ONDA LONGITUDINALE



ONDA TRASVERSALE

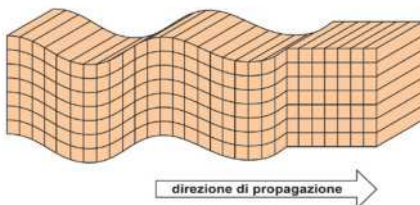


Fig. 6 Onde di massa. Le onde longitudinali (Onde P) sono caratterizzate da compressioni e dilatazioni del mezzo nella stessa direzione di propagazione dell'onda; le onde trasversali o di taglio (Onde S) sono caratterizzate da moti nel mezzo in direzione ortogonale alla propagazione dell'onda.

reazione di propagazione dell'onda e viene indicata come *onda trasversale*, o *onda di taglio* o *onda S* (Fig. 6). Quando le onde P e S incidono alla superficie della Terra, la loro interazione genera onde superficiali. Quando l'interazione avviene tra le onde P e le onde SV (onde S con moto verticale delle particelle) si generano le *onde di Rayleigh* (Fig. 7) che viaggiano alla superficie della Terra con moto ellittico retrogrado delle particelle. Nel caso della riflessione totale alla superficie delle onde SH (onde S con moto orizzontale delle particelle) si generano *onde di Love* che si propagano orizzontalmente lungo la superficie (Fig. 8). La velocità di propagazione delle onde di massa (P,S) è superiore a quella delle onde superficiali e tra le onde di massa la velocità delle onde P è superiore a quella delle onde S; pertanto in un sismogramma si osserva la successione onde P, onde S e onde superficiali (Fig. 9). Alla superficie coesistono contemporaneamente sia onde incidenti che onde riflesse, in tali condizioni il moto totale implica la somma delle loro ampiezze. Quando le onde sismiche incidono alla superficie della Terra o su una superficie di discontinuità interna, le leggi della riflessione e rifrazione di un'onda piana su di una superficie di discontinuità piana, possono essere applicate solo in modo approssimato in quanto sia il fronte d'onda che la superficie sulla quale queste incidono sono, in realtà, curve. Tuttavia in molte applicazioni questa approssimazione è abbastanza soddisfacente. In particolare, poiché la forma delle onde sismiche nel percorso dalla sorgente al sismografo, posto sulla superficie della Terra, è condizionata dalla struttura della crosta, è necessario tener conto di tale effetto sulle onde P e S quando queste sono utilizzate nello studio della sorgente. In questo caso si assume che la curvatura sferica dei fronti d'onda sia piccola per onde le cui lunghezze d'onda siano molto più piccole della distanza percorsa. Inoltre le relazioni ottenute tra le ampiezze delle onde longitudinali (P) e trasversali (S) incidenti e riflesse alla superficie libera della Terra, considerato un mezzo omogeneo, sono valide solo per lunghezze d'onda molto grandi rispetto allo spessore totale degli strati cristallini. Ma per i periodi comunemente osservati nelle onde sismiche di massa (P e S), gli spessori degli strati cristallini non sono frazioni trascurabili di una lunghezza d'onda e, pertanto, ci si deve aspettare che per un'onda incidente di un dato tipo, l'ampiezza in superficie sarà fortemente dipendente dal periodo e dall'angolo di incidenza.

Le onde elastiche che viaggiano nella parte solida della Terra, spesso convertono parte della loro energia in altre onde che

ONDA DI RAYLEIGH



Fig. 7 Onda superficiale di Rayleigh. Il moto nel mezzo descrive traiettorie ellittiche retrograde che avvanzano nella direzione di propagazione dell'onda (da INGV).

ONDA DI LOVE



Fig. 8 Onde superficiali di Love. Sono onde che si propagano nel piano orizzontale. Il moto nel mezzo è trasversale alla direzione di propagazione dell'onda (da INGV)

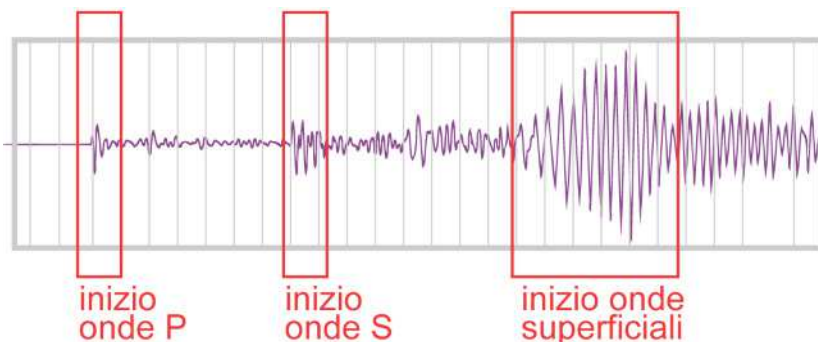


Fig. 9 Sismogramma. Manca la scala dei tempi. Ha prevalentemente una funzione didattica per mostrare la successione dei principali tipi di onde (P, S e superficiali), secondo le loro velocità decrescenti (da INGV).

si propagano nell'acqua e nell'aria. Può verificarsi anche il fenomeno opposto; infatti grandi esplosioni in mare o nell'atmosfera producono onde che viaggiano nella parte solida della Terra. Ad esempio un'eruzione vulcanica nell'oceano genererà simultaneamente onde nell'aria, nel mare e nella Terra. I terremoti sottomarini possono generare *onde marine di gravità (tsunami)* che trasferiscono la potenza distruttrice della sorgente sulle coste distanti migliaia di chilometri. Anche le onde sismiche dei grandi terremoti causano onde di ampiezza elevata in laghi (*sesse*) e canali distanti migliaia di chilometri. Le esperienze accumulate in questi anni hanno mostrato che le fratture che hanno generato terremoti di grande energia raggiungono lunghezze di parecchie centinaia di chilometri e la frattura si propaga lungo la faglia ad una velocità media di 3-3.5 km/s. Per analizzare ed interpretare il campo d'onde irradiato da tali sorgenti è necessario realizzare modelli che tengano conto delle dimensioni finite della sorgente e della velocità di



propagazione della frattura che è diversa da zero. Il modo più semplice per ottenere tale risultato consiste nell'utilizzo di espressioni che rappresentano il campo d'onda generato da una dislocazione puntiforme ed integrato su un'area di dimensioni finite con intervalli temporali adeguati in modo da simulare una sorgente che si muove con una velocità uniforme. Tale procedura è nota come *modello cinematico della sorgente*.

I progressi realizzati nelle tecniche di simulazione con i computer hanno modificato profondamente la struttura metodologica della sismologia. La procedura analitica è divenuta, infatti, lo strumento principale nella ricerca sismologica. Attraverso l'uso dei computer si può costruire un modello sismico abbastanza realistico ed operare numericamente con vincoli plausibili. In buona sostanza con questa tecnica è possibile costruire un modello e confrontare il risultato ottenuto con il dato osservato. Le tecniche di simulazione sono vantaggiose non solo per la ricerca di base, ma anche per l'applicazione della teoria ai problemi pratici dell'ingegneria. Infatti una conoscenza quantitativa precisa degli effetti sismici può indicare frequenze e ampiezze di possibili vibrazioni in un dato sito, aiutando il progettista di strutture critiche, quali grandi edifici, ponti sospesi con lunghe campate, centrali per la produzione di energia, serbatoi di idrocarburi e di acqua, ecc., a realizzarle con tecniche adeguate. Ma il livello di conoscenza del fenomeno non può ritenersi sempre sufficiente alla domanda di sicurezza delle popolazioni esposte; pertanto la ricerca deve necessariamente progredire per soddisfare tale domanda.

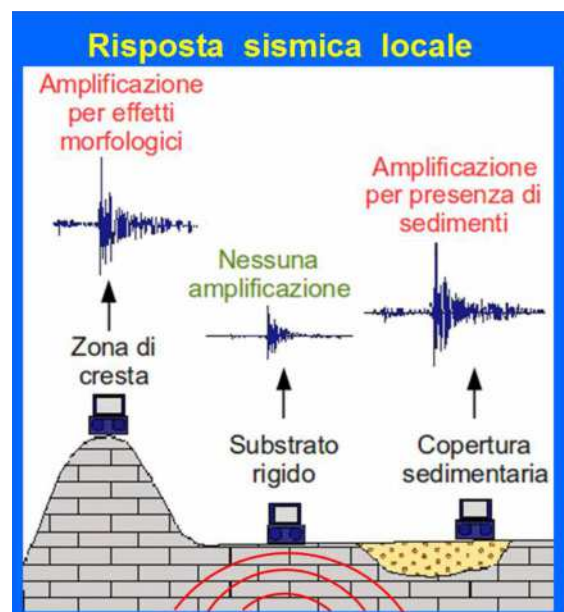
La conoscenza delle vibrazioni del suolo nelle vicinanze delle faglie sismogenetiche rivestono un'importanza fondamentale per la comprensione del meccanismo del terremoto e del campo d'onde irradiato. Tali informazioni possono essere ottenute da strumenti, con appropriata dinamica, posti nei pressi della porzione di faglia attivata. La crescente densità di sismografi installati nelle aree sismiche consente di acquisire sempre più dati nei pressi della sorgente indicato come *near field*. Questo termine è utilizzato per specificare che la distanza dall'epicentro è piccola rispetto alle dimensioni della sorgente e della lunghezza d'onda delle vibrazioni da analizzare. Invece quando la distanza epicentrale è grande al confronto con questi parametri si utilizza il termine *far field*. Gli studi sugli effetti sismici in vicinanza delle faglie hanno mostrato che tali effetti sono prodotti principalmente dal moto della porzione di faglia più vicina al sito indagato. Questo dato suggerisce che gli effetti di un sisma nei pressi di

una faglia non sono dovuti all'intera superficie di faglia, ma ad un'area limitata di questa, adiacente al sito di osservazione. Un risultato simile si nota quando si considera lo sviluppo verticale di una faglia. In questo caso il moto del suolo è dovuto principalmente alla fagliazione più superficiale. Nei pressi di potenziali faglie la valutazione della pericolosità sismica non deve essere determinata solo dai parametri macroscopici della supposta sorgente, quali magnitudo e momento sismico, ma a questi vanno aggiunti quelli locali prodotti dal comportamento della parte della faglia più vicina.

A distanze epicentrali inferiori a 100 km le lunghezze d'onda dominanti degli eventi sismici interagiscono intensamente con le inhomogeneità dell'interno della Terra e di conseguenza la propagazione delle onde elastiche può assumere il carattere della diffusione. In tal caso la maggior parte del moto del suolo registrato può essere attribuito alle numerose riflessioni e rifrazioni, le quali incidendo sulle interfacce degli strati e dei corpi geologici generano nuove onde di compressione e di taglio. In tale processo il numero di raggi sismici possibili nel mezzo eterogeneo cresce rapidamente tanto che il fenomeno risultante è quello della diffusione. La forte dispersione distrugge la proprietà direzionale delle onde sismiche e con essa la direzionalità del flusso di energia.

La rappresentazione del fenomeno sismico nel far field è soddisfacente, mentre nel near field si registrano sorprese con danni inattesi rispetto agli scenari proposti. Tutto ciò accade perché la rappresentazione del fenomeno avviene in ambito lineare e questa approssimazione non è pienamente efficace nel near field sia per il meccanismo di liberazione dell'energia sismica che per la propagazione delle onde. Le anomalie osservate nei danni alle strutture nelle aree epicentrali non possono essere interpretate compiutamente solo con la microzonazione del territorio sulla base della risposta sismica locale, perché anche in queste analisi l'anomalia della risposta sismica è analizzata in ambito lineare. In queste condizioni si attribuisce l'effetto alla risposta del mezzo attraversato dalle onde e non al campo generato dalla sorgente (Fig. 10). Questa condizione è confermata dal comportamento difforme talvolta osservato in siti con caratteristiche geologiche simili o perfino identiche ma con un campo di propagazione delle onde dissimile per la posizione dei siti esaminati rispetto alla sorgente.

Fig. 10 Risposta sismica locale . In zone pianeggianti ove affiora il substrato rigido le onde non subiscono fenomeni di amplificazione nell'attraversare gli strati superficiali. Amplificazioni locali si osservano per effetti di picco nei rilievi in zona di cresta e nelle piane alluvionali con copertura di sedimenti sciolti a bassa rigidità.





Da ciò discende che una buona difesa dai terremoti può ottenersi da tipologie costruttive i cui progetti sono realizzati partendo da un input sismico ottenuto attraverso una profonda conoscenza della sorgente e del campo di propagazione delle onde sia a livello regionale che locale. Nelle condizioni attuali delle conoscenze si è realizzata una legge sismica che difende in modo soddisfacente le aree distanti dall'epicentro e "poco" le aree epicentrali. Anche le microzonazioni, per quanto detto sopra, non garantiscono una rappresentazione attendibile della pericolosità del territorio ad una scala di maggiore dettaglio se non si introducono elementi correttivi per il campo di propagazione delle onde, certamente di gran lunga più complesso nel "near field" rispetto al "far field".

Poiché la sismicità segue una legge di potenza e quindi la sua previsione è intrinsecamente impossibile, per incrementare il livello di sicurezza nelle zone sismiche è necessario realizzare leggi empiriche sull'accadimento dei terremoti, intensificando il monitoraggio nelle aree ritenute esposte al terremoto, secondo i dati forniti dalla loro storia sismica e tettonica. Per raggiungere tale obiettivo la ricerca si è sviluppata nell'indagine della sismicità storica e della paleosismicità.

Questi dati consentono di realizzare mappe di pericolosità che forniscono una previsione probabilistica dell'esposizione a futuri scuotimenti del suolo. La sicurezza, tuttavia, non può essere fornita solo dalla determinazione dell'accelerazione del moto del suolo, ma deve tenere in conto anche le fratture e gli spostamenti che si sviluppano nelle rocce degli strati superficiali. Questo problema è particolarmente avvertito nelle aree densamente popolate e nei centri storici, dove gli edifici sono particolarmente vulnerabili alle sollecitazioni sismiche. Per la protezione degli abitanti di tali aree, come nel caso dell'Italia, dove importanti centri storici sono collocati nelle aree sismogenetiche della Catena Appenninica, il collasso degli edifici storici non sempre è stato evitato nonostante il loro consolidamento, in quanto spesso gli interventi sulle strutture rendono gli edifici più vulnerabili a causa dei carichi prodotti dagli interventi stessi. In questi casi la prevenzione non raggiunge l'obiettivo perseguito. Sulla base di questi risultati la ricerca scientifica deve porsi l'obiettivo di una profonda trasformazione del paradigma relativo alla difesa dai terremoti con l'obiettivo di una più approfondita conoscenza dei complessi processi che producono lo scuotimento del suolo nel campo vicino (*near field*) (Figg. 11 e 12).

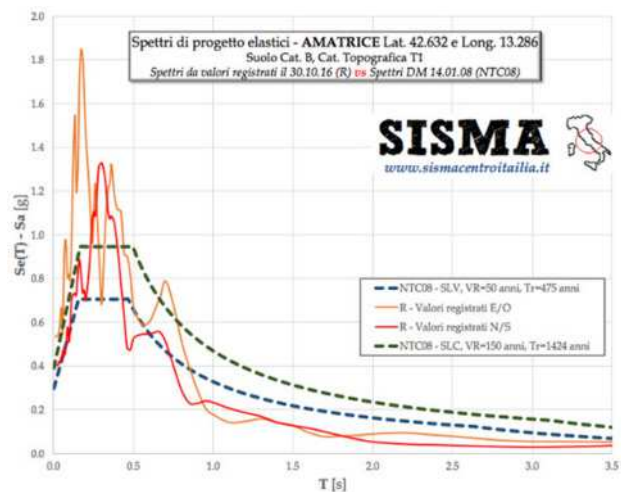
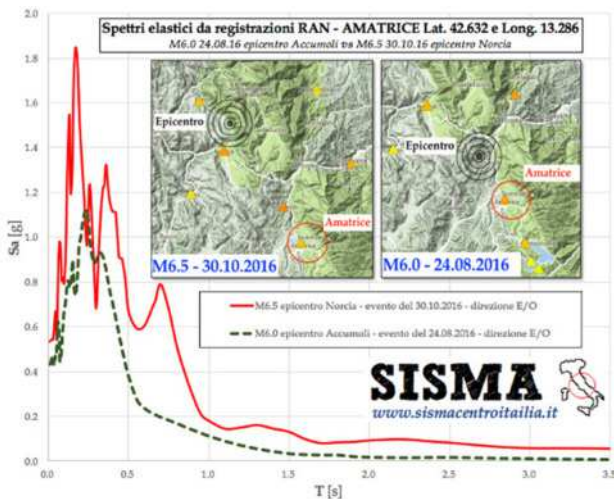
Con l'attuale stato delle conoscenze, le azioni più efficaci per la riduzione del rischio discendono dalle esperienze storiche sulla risposta del patrimonio edilizio alle sollecitazioni sismiche, nelle diverse condizioni geologiche e di tipologia degli edifici. Per il futuro occorre sviluppare la ricerca, per una più approfondita conoscenza delle sorgenti sismiche, delle leggi di propagazione delle onde e delle caratteristiche meccaniche delle rocce nelle quali si propagano le onde sismiche. Bisognerebbe, altresì, sviluppare ricerche di laboratorio sul comportamento meccanico delle rocce in ambienti a pressioni e temperature simili a quelle delle sorgenti sismiche e realizzare modelli che superino i limiti del comportamento lineare dei processi. Nel mentre si potrebbero ottenere risultati interessanti procedendo con scelte empiriche, utilizzando le informazioni che possono ottenersi dai dati registrati dalle reti di monitoraggio nelle aree epicentrali ed attivare le seguenti azioni:

- superare i modelli delle azioni sismiche rappresentati da spettri di risposta del sito molto semplificati e spesso lontani dalla realtà;
- acquisire dati sperimentali, tenuto conto della complessità del fenomeno sismico nel *near field* e della difficoltà di rappresentarlo adeguatamente con gli spettri calcolati attraverso modelli scarsamente vincolati. Utilizzare, quindi, spettri ottenuti da registrazioni di terremoti;
- potenziare le indagini geologiche nelle aree sismogenetiche ed accrescere le conoscenze delle proprietà fisiche dei terreni e rocce nelle aree epicentrali, quantificando i parametri che li caratterizzano.

La mitigazione del rischio costa. Alla comunità esposta tocca scegliere il livello di rischio accettabile.

Fig. 11 (a sinistra) Spettri elastici componente E-O Stazione di Amatrice (cerchio su Amatrice nelle immagini) della Rete Accelerometrica Nazionale (RAN). Terremoto del 24.08.2016, epicentro Accumoli, Magnitudo 6.0 (a destra in figura); lo spettro è rappresentato con tratteggio e mostra un picco centrato su 4 Hz (0.25 s). Terremoto del 30.10.2016, epicentro Norcia, Magnitudo 6.5 (a sinistra in figura); lo spettro è rappresentato con linea continua e mostra una maggiore complessità con picchi ad ampiezze decrescenti a 5 Hz (0.2 s), 2.5 Hz (0.4 s) e 1.5 Hz (0.7 s).

Fig. 12 (a destra) Spettri da valori registrati il 30.10.2016 (terremoto di Norcia, Magnitudo 6.5) alle componenti E-O (ampiezza maggiore) e N-S della stazione di Amatrice (curve a tratto continuo) confrontati con gli Spettri del DM del 14.01.2008 (curve tratteggiate) con periodi di ritorno di 475 (ampiezza inferiore) e 1424 anni. Gli spettri dei valori registrati superano in modo significativo quelle degli spettri della norma per periodi inferiori a 0.5 s (maggiori di 2Hz).





Centro Universitario Europeo
per i Beni Culturali

Ravello

Gli autori





ANDREA BAROCCI

Consigliere 2015/2017 *ISI – Ingegneria Sismica Italiana*;
Coordinatore della sezione *Norme, Certificazioni e controlli
in cantiere*.

Titolare dello studio *Ingegneria delle Strutture*, RIMINI,
Membro dell'Organo Tecnico UNI Ente Nazionale Italiano di
Unificazione *UNI/CT 021 Ingegneria Strutturale*.

Membro del *Comitato regionale per la riduzione del rischio
sismico (CReRRS)* Regione Emilia-Romagna.

Autore, docente, blogger.

GIOVANNI BERTI

Ricercatore e docente a riposo. Ha svolto attività di ricerca
e didattica nei corsi di Fisica, Fisica Terrestre dell'Università
di Pisa, iniziando dalle tecnologie geochimiche e geofisiche.
Dal 1982 si è occupato di metodi e d'interpretazione dei se-
gnali da diffrazione dei raggi x (XRD). Dal 1994 è stato re-
sponsabile del gruppo europeo TC138/AHG2, poi WG10,
per definire gli standard tecnici dei metodi non distruttivi
XRD. A seguito dei risultati di ricerca, brevettati, ha fondato
XRD-Tools s.r.l, nata come spin off universitario. Pioniere
negli avanzamenti di ricerca relativi alle misure reticolari *in
loco* per diagnosi precoci su materiali di largo utilizzo indu-
striale (acciai e prodotti per l'edilizia, per i beni culturali e
museali, etc.), è autore di numerose pubblicazioni interna-
zionali di settore e vincitore di tre premi nazionali per le in-
venzioni. Ha collaborato con Opificio Pietre Dure,
RTM-Breda, CND Service; è stato partner d'istituti di ricerca
e PMI europee nel campo delle nanotecnologie, consulente
di DISMAT (Ag). È consulente dei laboratori sperimentali
Betontest per lo sviluppo di metodiche e tecnologie inno-
vative di diagnostica precoce per i materiali da costruzione
destinati a manufatti di pubblica utilità e monumentali.

FERRUCCIO FERRIGNI

Ingegnere urbanista. Esperto di protezione dell'edificato
storico nelle aree a rischio sismico attraverso il recupero
della Cultura Sismica locale, un concetto originale e un
nuovo approccio da lui definito alla fine degli anni '80 e at-
tualmente accettato a livello internazionale. Già docente di
Gestione dei sistemi urbani e territoriali presso l'Università

Federico II di Napoli, è dal 1990 Coordinatore delle attività del Centro Universitario Europeo per i Beni Culturali di Ravello. Autore di libri e pubblicazioni sulla riduzione della vulnerabilità dell'edificato storico e sulla gestione dei paesaggi culturali.

MAURIZIO FERRINI

Architetto. Ha diretto dal 1982 il Servizio Sismico della Regione Toscana, avviando iniziative connesse alla classificazione sismica dei comuni e al controllo dell'attività edilizia dei Geni Civili. Ha coordinato: le attività di studio e ricerca in collaborazione con il GNDT/CNR, l'INGV e numerose università italiane; i censimenti di vulnerabilità di edifici pubblici produttivi prefabbricati e di edifici residenziali attivando specifici programmi VSCA per le indagini diagnostiche e vulnerabilità sugli edifici in c.a., VSM per le indagini diagnostiche e vulnerabilità sugli edifici in muratura e VEL per la valutazione degli effetti locali e microzonazione sismica; le attività di prevenzione su edifici pubblici e residenziali e quelle di riparazione dei danni post sisma.

Dal 2010 in quiescenza, ha partecipato a commissioni del Consiglio Superiore dei LLPP per la revisione delle NTC 08, per le LG per gli interventi nei centri storici in zona sismica, per la valutazione degli interventi sugli edifici prefabbricati per l'evento 2012 in Emilia. Componente del comitato scientifico dell'ANIDIS e delle commissioni per la ricostruzione dell'Aquila nella SSAC, nel gruppo coordinatori e successivamente nel CTG dell'USRA.

PIETRO GRAZIANI

Già direttore generale del MIBACT, ha ricoperto, presso il ministero, incarichi di vicesegretario generale, direttore generale presso il Dipartimento dello Spettacolo e lo Sport, direttore del Servizio di Controllo interno, membro del Consiglio Nazionale per i Beni Culturali e Ambientali e del Comitato di Presidenza per circa dieci anni, membro del Consiglio Nazionale dello Spettacolo, vicecapo dell'Ufficio Legislativo, vicecapo di gabinetto di più Ministri (Ronchey, Fisichella, Paolucci, Veltroni, Melandri), docente, dall'anno accademico 1984/1985, di *Legislazione di tutela dei beni culturali* presso l'Università "La Sapienza di Roma", Scuola di



specializzazione in restauro dei beni architettonici e del paesaggio (già "Scuola per il restauro dei monumenti"), responsabile dell'ambito beni culturali del master in Architettura, arte sacra e liturgia presso l'Ateneo Pontificio "Regina Apostolorum" - Università Europea di Roma. È stato ed è componente e/o revisore dei conti di istituzioni culturali: tra queste FAI Fondo Ambiente Italiano, Biennale di Venezia, Istituto Nazionale di Studi Verdiani, Fondazione Nenni, Istituto italiano per l'Africa e l'Oriente, Fondazione ZETEMA di Matera. Autore, tra gli altri, di numerosi saggi sul rapporto pubblico/privato nel settore dei beni culturali e di alcuni volumi sulla tutela, valorizzazione e organizzazione amministrativa, curati per l'Università "La Sapienza". Direttore responsabile della rivista "Territori della Cultura" del Centro Universitario Europeo per i Beni Culturali di Ravello, del cui Comitato Scientifico è componente, responsabile culturale della rivista "Butterfly" Tiroide, cultura e solidarietà, presidente dell'Associazione Culturale "Mirabilia Italia" di Roma.

FRANCESCO GURRIERI

Professore ordinario di "Restauro dei Monumenti" nell'Università di Firenze (oggi in quiescenza), è fra i più attenti protagonisti del dibattito internazionale sui problemi della conservazione e valorizzazione dei beni culturali. Membro Icomos (International Council on Monuments and Sites), ha coordinato i lavori del Comitato nazionale per la salvaguardia della cupola di S. Maria del Fiore e ha fatto parte del Comitato internazionale per la salvaguardia della torre di Pisa. Ha svolto seminari a Parigi, Praga, Budapest, Brasilia, Buenos Aires. È autore di numerose monografie relative a monumenti come la cattedrale di Santa Maria del Fiore, la basilica di San Miniato, le piazze di Firenze. Dirige la rivista "Critica d'Arte" fondata da Carlo L. Ragghianti. È stato vicepresidente dell'Opera di Santa Maria del Fiore. È presidente della classe di Architettura dell'Accademia delle Arti del Disegno.

GIUSEPPE LUONGO

Professore Emerito di Fisica del Vulcanismo all'Università di Napoli "Federico II". Presidente dell'Accademia di Scienze Fisiche e Matematiche in Napoli. Componente del Comitato Scientifico del Centro Universitario Europeo per i Beni Culturali di Ravello (CUEBC).

Ha ricoperto numerosi incarichi di direzione di istituti di ricerca e di progetti di ricerca. Ha svolto ricerche nei Settori della Vulcanologia e della Sismologia finalizzate alla mitigazione dei rischi. Ha partecipato e guidato numerose spedizioni scientifiche in Giappone, Himalaya, Africa e Sud America per lo studio delle aree sismogenetiche, di vulcanismo attivo e di interesse geotermico. È autore di oltre 250 pubblicazioni scientifiche e diversi volumi. Ha svolto un'intensa attività didattica con corsi ufficiali per le lauree in Geologia, Geofisica e Fisica e di divulgazione scientifica sulle problematiche dei rischi naturali.

CORRADO MONACA

Capo progetto "BM Sistemi, Betontest e Università di Catania in A.T.S. nella Ricerca Scientifica ed Innovazione Tecnologica", Distretto Tecnologico "Micro e nanosistemi". POR SICILIA 2000-2006, misura 3.14, settore delle "nuove tecnologie per le attività produttive" nel progetto "Sviluppo delle tecniche del fire safety engineering 204-2006". Esperto operativo del Consiglio Nazionale dei Periti Industriali e dei Periti Industriali Laureati nel gruppo di ricerca condotto con il Dipartimento Building Environment Science and Technology (B.E.S.T.) presso il Politecnico di Milano per la definizione degli indici di efficienza per la valutazione dello stato di fatto delle strutture realizzate. Amministratore unico della Betontest s.r.l., con esperienza trentennale come responsabile della sperimentazione per controlli di qualità dei materiali da costruzione, controlli e diagnostica di strutture e monumenti, con particolare riguardo a collaudi statici, prelievi, analisi non distruttive. Soggetto attuatore nell'ambito del programma "Horizon 2020-PON 2014/2020" del progetto di ricerca I.S.M.E.R.S. (Idoneità Statica Manufatti Edili nei centri storici ad alto Rischio Sismico: cartella clinica dell'edificio) che correla le proprietà micrometriche con quelle macrometriche dei materiali in opera nelle costruzioni civili. Il progetto è sviluppato in collaborazione con XRD-Tools s.r.l. e Università del Salento.



PIERO PIEROTTI

Professore di Storia dell'architettura a riposo, ha svolto la sua intera attività di docenza presso l'Università di Pisa, dal 1960 al 2008, prima come assistente di Storia dell'arte con Carlo Ludovico Ragghianti e in seguito tenendo corsi ufficiali di Storia dell'urbanistica, Storia dell'architettura e Storia dell'architettura medievale. Ha proposto nuovi metodi di ricerca sulla storia degli insediamenti umani, come *l'ecostoria* e la *sismografia storica*. Si è occupato applicativamente, anche organizzando stage estivi, di storia del paesaggio, restauro territoriale, architettura medievale, culture sismiche locali. In tema di ricerche sul campo, con riguardo al comportamento sismico dell'edificato storico, oltre che in Italia ha condotto esperienze dirette in Portogallo, Grecia insulare, Turchia, Israele, Giordania, Siria, Libano, Armenia e Iran. Ha scritto circa trenta monografie, ivi inclusi alcuni volumi di carattere letterario. Presidente di ArtWatch Italia dal 2005 al 2016, membro da circa trent'anni del Comitato Scientifico del Centro Universitario Europeo per i Beni culturali di Ravenna, presso il quale ha sviluppato programmi europei e tenuto attività di seminario.

CORRADO PRANDI

Consigliere Segretario 2015/2017 *ISI – Ingegneria Sismica Italiana*.

Componente della Sezione *Norme, certificazioni e controlli in cantiere*, attivo in rubriche ed attività comunicative promosse dall'associazione.

Ingegnere civile, titolare dello *Studio Tecnico Prandi*, Correggio, operante dal 1980 nel progetto, direzione lavori e collaudo di fabbricati pubblici e privati, nuovi ed esistenti.

VITTORIO SCARLINI

Consigliere Tesoriere *ISI – Ingegneria Sismica Italiana*.
Componente della Sezione *Norme, certificazioni e controlli in cantiere*, attivo in rubriche ed attività comunicative promosse dall'associazione.
Ingegnere strutturista, partner dello *Studio Seismic & Structures*, Verona, operante nel campo dell'ingegneria sismica su strutture nuove ed esistenti.

DENISE ULIVIERI

Docente di Storia dell'architettura presso l'Università di Pisa, dove tiene i corsi ufficiali di Storia dell'Architettura e di Architettura Vernacolare. Collabora con il Centro Universitario Europeo per i Beni Culturali di Ravello. È socio effettivo di ICOMOS Italia, membro dell'Accademia degli Euteleti di San Miniato e dell'Accademia dei Sepolti di Volterra. È membro del CdA della Fondazione d'Arte "Trossi Uberti" di Livorno e del Comitato Scientifico di esperti nel disegno di architettura del Museo della Grafica (Palazzo Lanfranchi, Pisa). Si occupa di architettura vernacolare e di architettura contemporanea. In tema di architettura vernacolare le sue ricerche mirano in particolare alla conoscenza della tradizione costruttiva locale. È direttore della collana editoriale "Quaderni di ecostoria", edita da Pisa University Press. È autrice di molteplici articoli e saggi.