



Conoscere e prevenire
i disastri naturali

Terremoti



European Civil Protection



Project co-funded under the Union
Civil Protection Mechanism
Grant Agreement No.ECHO/SUB/2014/693261



EVANDE

www.evande.eu

Contributi

Charalampos Fassoulas (NHMC-UoC, GR)
Kleopatra Georgila (NHMC-UoC, GR)
Alexandros Chatzipetros (AUTH, GR)
Aggeliki Avramidou (AUTH, GR)
Asimina Kourou (EPPO, GR),
Maria Panoutsopoulou (EPPO, GR)
Anastasia Ioakeimidou (EPPO, GR)
Tzvetan Tzvetanski (CEI, BG)
Yasen Tsvetkov (CEI, BG)
Moisés Benlloch (Head of IAE - Intervention, Help and Emergency, ES)
Miguel Ángel Belenguer (Head of Civil Protection Volunteers Group in Valencia City)
Vicente Civera (Civil Protection Volunteers Group in Valencia City)
Raúl Quesada (Civil Protection Volunteers Group in Valencia City)
Maria Rita Bracchini (FCSVM, IT)
Marco Conti (FCSVM, IT)
Virginia Marconi (FCSVM, IT)

Grafica

Federico Brozzetti (FCSVM, IT)

Progetto cofinanziato dal Meccanismo Europeo di Protezione Civile (Union Civil Protection Mechanism). Grant Agreement No. ECHO/SUB/2014/693261

Prefazione

Il presente volume sui terremoti è stato realizzato nell'ambito del progetto europeo EVANDE (*Migliorare la conoscenza e la formazione dei volontari contro i disastri naturali attraverso l'E-learning*).

Il progetto EVANDE si è sviluppato nel periodo 2015-2016 ed è stato cofinanziato dallo *European Union Civil Protection Mechanism* (Grant Agreement N. ECHO/SUB/2014/693261). È stato coordinato dal Museo di Storia Naturale dell'Università di Creta, Grecia, ed ha visto coinvolti i seguenti partner:

- Technical University of Crete - Laboratory of Distributed Multimedia Information Systems and Applications, GRECIA
- Consorci de la Ribera, SPAGNA
- Beigua UNESCO Global Geopark, ITALIA
- Earthquake Planning & Protection Organization, GRECIA
- Fondazione Hallgarten - Franchetti Centro Studi Villa Montesca, ITALIA
- Centre for Educational Initiatives, BULGARIA.

Questo volume è una sintesi delle conoscenze e delle esperienze in materia di protezione civile selezionate in Grecia, Spagna, Italia, Bulgaria, nonché a livello globale. Intende presentare le nozioni e le informazioni di base sulla protezione civile in tema di terremoti, approfondendone tutti gli aspetti (compresi la prevenzione, la gestione dell'emergenza, la ricostruzione) e toccando le diverse questioni istituzionali, economiche, sociali e formative.

Il volume è rivolto sostanzialmente ai tecnici delle amministrazioni locali ed ai volontari della protezione civile e propone spunti su come le politiche e le iniziative di protezione civile possano essere migliorate. Gli autori sono sia rappresentanti delle organizzazioni partner del progetto EVANDE, sia esperti e collaboratori esterni. La sintesi di queste esperienze testimonia la diversità degli approcci adottati nei singoli Paesi così come l'importanza delle attività di prevenzione e della crescita di consapevolezza in materia di rischi legati ai disastri naturali.

Ulteriori informazioni sul progetto EVANDE sono disponibili ai seguenti indirizzi:

Website EVANDE: www.evande.eu

E-learning platform EVANDE: <http://evande.coursevo.com>

Gruppo Facebook EVANDE: <http://www.facebook.com/evandeproject>

Sommario

1. Descrizione del pericolo	5
1.1 Che cos'è un terremoto?	5
1.2 Quali sono le cause dei terremoti?.....	6
1.3 Definizione di un terremoto	10
1.4 Conseguenze dei terremoti	14
2. Valutazione dei Rischi.....	15
2.1 Aspetti generali della valutazione di rischio	15
2.2 Mappe Nazionali di Pericolosità in Grecia, Bulgaria, Italia e Spagna	18
2.2.1 Mappa di pericolosità e rischio sismico della Grecia.....	18
2.2.2 Mappa di pericolosità e rischio sismico dell'Italia	18
2.2.3 Mappa di pericolosità e rischio sismico della Bulgaria	20
2.2.4 Mappa di pericolosità e rischio sismico della Spagna	24
3. Prevenzione e Mitigazione	28
3.1 Piani di emergenza	28
3.2 Sensibilizzazione	31
4. Preparazione.....	33
4.1 Linee guida per la protezione prima, durante e dopo il fenomeno	33
4.2 Linee guida per la pianificazione di emergenza.....	34
4.3 Linee guida per la pianificazione di emergenza delle famiglie	36
4.4 Linee guida per la pianificazione di emergenza nelle scuole, nei luoghi di lavoro, ecc.	39
5. Risposta	41
5.1 Prime azioni di risposta	41
5.2 Valutazione a posteriori dei danni agli edifici ed alle infrastrutture	44
5.3 Alloggi provvisori	45
5.4 Aiuti finanziari ed altri benefit.....	46
6. Recupero.....	47
6.1 Accoglienza ed alloggio provvisori	47
6.2 Ripristino degli spazi nelle aree colpite	49
6.3 Supporto finanziario per la ricostruzione	50
6.4 Supporto psicologico	51
7. Casi Studio sul Terremoto.....	52
7.1 Casi Studio - Grecia.....	52
7.2 Casi Studio - Italia	63

7.3 Casi Studio - Bulgaria	74
7.4 Casi Studio - Spagna.....	78
8. Glossario e Acronimi	83
9. Riferimenti bibliografici	90

1. Descrizione del pericolo

1.1 Che cos'è un terremoto?

Le rocce della Crosta Terrestre subiscono intensi stress indotti da varie ragioni, tra cui la più comune è il movimento delle placche litosferiche. Queste tensioni accumulano forti energie nelle rocce. Ogni volta che le rocce improvvisamente si rompono a causa delle deformazioni, l'energia accumulata è rilasciata sotto forma di vibrazioni. Un terremoto è quindi il tremore o la vibrazione della terra dovuta al rilascio dell'energia accumulata (Fig. 1.1).

L'Energia concentrata nell'area di rottura della roccia è espressa come vibrazioni o tremori della terra, chiamate onde sismiche che sono trasmesse all'esterno attraverso la roccia. A seconda della quantità di energia rilasciata, le onde sismiche possono essere forti a sufficienza da essere sentite come un tremore della terra oppure da scuotere molte costruzioni. Maggiore è l'energia rilasciata, più forte è il terremoto.

Il terremoto può essere considerato come un indicatore del movimento tettonico delle placche e del sollevamento della superficie terrestre.

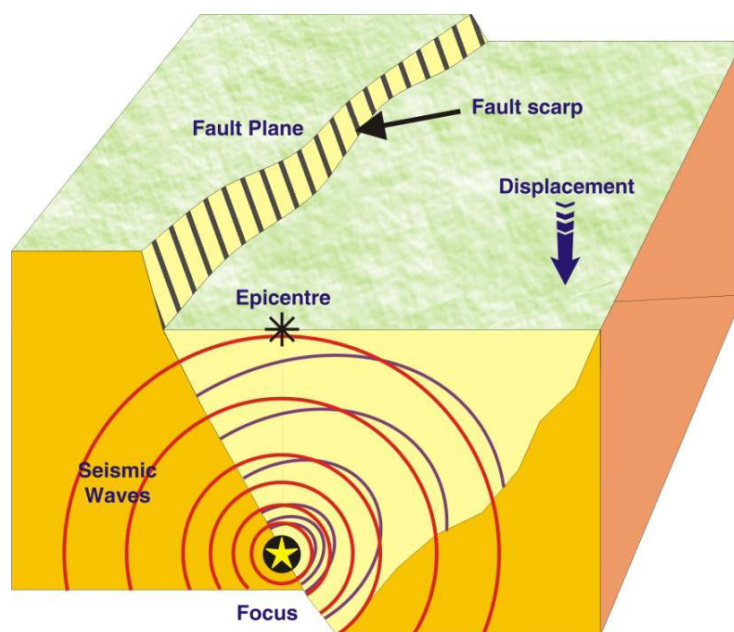


Fig. 1.1 Ipocentro ed epicentro di un terremoto (NHMC)

1.2 Quali sono le cause dei terremoti?

Un terremoto è un fenomeno naturale che ha origine all'interno della terra. I processi naturali che possono risultare nella rottura delle rocce, creando così un terremoto, sono correlati con processi dinamici che hanno luogo nel mantello e nella crosta terrestre, ma anche in seguito all'erosione rocciosa.

Si possono distinguere tre tipi di terremoti. Quando un terremoto si genera come risultato di un'improvvisa dislocazione di massicci corpi rocciosi lungo una superficie di faglia profonda nella terra, questo è un terremoto tettonico. Se un terremoto si verifica in seguito alla risalita ed alla messa in posto di magma nella crosta terrestre durante una eruzione vulcanica, si parla di terremoto vulcanico. Nel caso in cui le rocce si rompano in seguito al collasso di una grotta o per lo spostamento di grandi quantità di rocce durante una frana, il terremoto è detto da collasso.

Oltre che per motivi naturali, l'uomo può causare vibrazioni, modificando il naturale andamento degli stress nella crosta, riattivando faglie preesistenti. Questi sono conosciuti come terremoti provocati dall'uomo ed includono vibrazioni da esplosioni di mine, riempimenti di serbatoi, test nucleari sottoterra ed iniezioni di fluidi sottoterra per l'estrazione di petrolio.

La maggior parte dei terremoti (circa il 90% a livello globale) ed il relativo rilascio di energia sono dovuti ad un'origine tettonica; così molto spesso quando si parla di un terremoto ci si riferisce a quello tettonico.

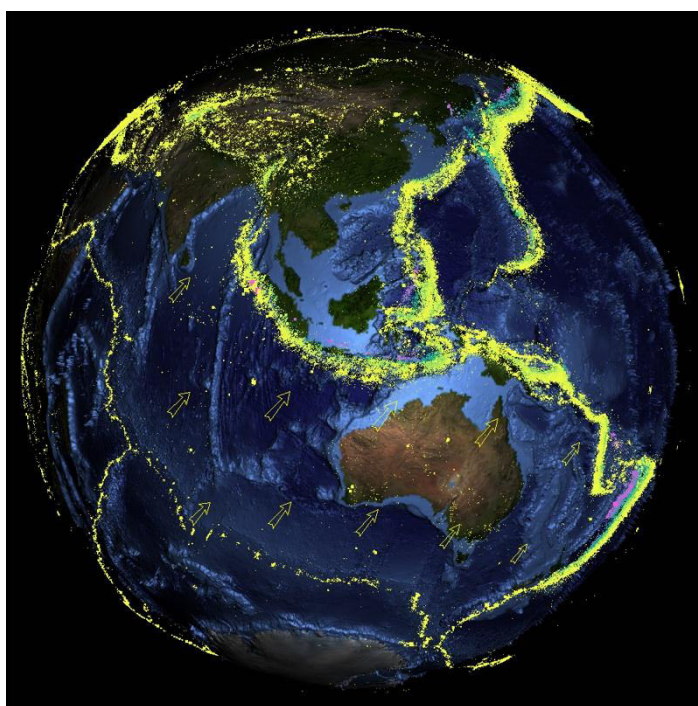


Figura 1.2 Epicentri di terremoti nell'area Pacifica (fonte: jaeger.earthsci.unimelb.edu.au)

I terremoti tettonici sono generalmente causati dai movimenti delle placche tettoniche che inducono tensioni non soltanto lungo il loro confine ma anche al loro interno. Questo è il motivo per cui i terremoti sono concentrati lungo i confini tra le placche (Fig. 1.2). Dato che le tensioni sono concentrate nelle rocce, il materiale litosferico può reagire in modo elastico per un certo periodo, ma tende a rompersi molto velocemente.

Ogni volta che si verifica questa rottura, nelle rocce si sviluppa una faglia, pezzi di roccia si allontanano l'uno dall'altro e l'energia concentrata è rilasciata come un terremoto. La progressiva e continua

concentrazione di tensioni in una faglia tende a muovere pezzi di roccia a causa della frizione. Finché la frizione prevale si verifica una quiete sismica, ma quando questa termina si verifica un terremoto con rilascio di energia sismica. Più lunga è la quiete sismica, più forte risulta il terremoto.

L'area della faglia in cui è iniziata una rottura e si sono originate le onde sismiche è chiamata focus del terremoto ed è rappresentata dal punto di peso. La sua proiezione sulla crosta terrestre rappresenta l'epicentro del terremoto.

A seconda della posizione del focus il terremoto può essere diviso in:

1. Superficiale: la profondità dell'ipocentro misura meno di 60 km
2. Intermedio: la profondità dell'ipocentro misura tra di 60 km e 300 km
3. Profondo: la profondità dell'ipocentro misura più di 300 km

Faglie e terremoti

La struttura interna della Terra consiste in tre parti principali: la crosta, il mantello (superiore ed inferiore) ed il nucleo (esterno ed interno, rispettivamente liquido e solido). La vita sul Pianeta Terra è possibile unicamente sulla parte più esterna, la crosta. Per capire come sia fatta la crosta, si può pensare ad una pesca: la buccia è la crosta, la parte morbida è il mantello ed il nocciolo è il nucleo. Nella realtà comunque la crosta è anche più sottile della buccia di una pesca: il suo spessore è circa 40 km del raggio totale della Terra (6.370 km).

La crosta e la parte superiore del mantello costituiscono un sottile strato sulla superficie della Terra, la litosfera. La litosfera non è un pezzo unico, ma è costituita da molti pezzi, le placche tettoniche litosferiche. Queste placche continuano a muoversi, scivolando una sull'altra e scontrandosi l'una con l'altra. Esistono sette placche litosferiche grandi ed otto piccole. Esse sono in costante movimento e convergono, divergono o si scontrano. Come risultato, vengono costruite e distrutte catene montuose, si formano vulcani, ecc. Un'area come questa è rappresentata dalla Grecia, dove la placca Africana subduce sotto quella Europea.

Quando due placche litosferiche si incontrano, immense forze possono rompere la crosta e formare discontinuità chiamate faglie. Generalmente le faglie sono fratture delle rocce lungo cui avviene uno spostamento dei frammenti. Una faglia può essere una singola frattura oppure una più ampia zona (che raggiunge anche molti metri) all'interno delle rocce, che può tagliare la crosta terrestre. Le dimensioni della superficie della faglia, come lunghezza e profondità, definiscono la massima magnitudo del terremoto che può avvenire a causa della sua attivazione.

Le faglie si possono dividere in tre categorie (Fig. 1.3) a seconda dello spostamento che si verifica:

1. **Faglie trasformati:** il piano di faglia è all'incirca verticale, i due blocchi scivolano paralleli l'uno all'altro, in direzioni opposte, senza una significativa componente verticale.
2. **Faglie dirette:** la sezione di roccia sopra il piano di faglia si muove in discesa rispetto alla porzione sottostante seguendo la gravità. Queste faglie si formano dove la crosta è in estensione.
3. **Faglie inverse:** la sezione di roccia sopra il piano di faglia si muove verso l'alto, contro gravità, rispetto alla sezione sotto il piano. Queste faglie sono indicative di un accorciamento della crosta. Le faglie inverse sono classificate in faglie ad alto angolo e faglie quasi orizzontali.

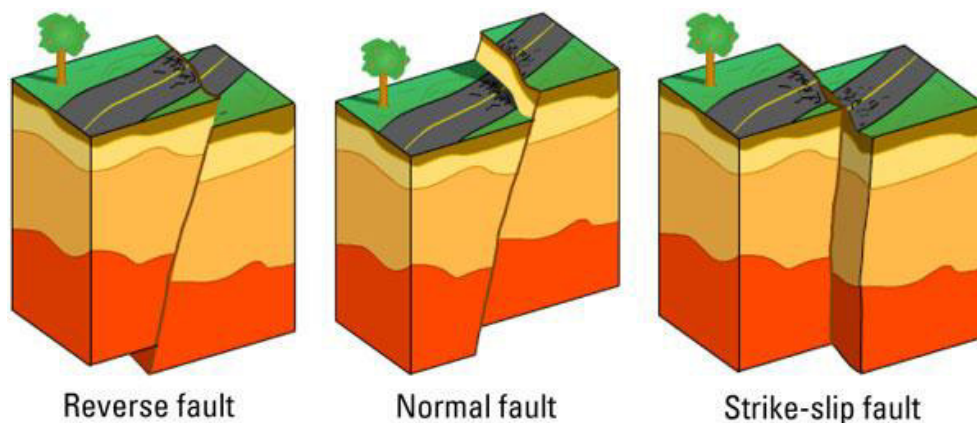


Figura 1.3 *Tipi di faglia (USGS)*

Il movimento delle placche litosferiche causa ogni sorta di deformazione delle rocce, le più importanti sono le faglie e le pieghe. Inoltre la crosta della Terra si può muovere in tutte le direzioni. Quando subduce, gli oceani coprono le masse continentali (trasgressione), mentre quando si solleva nuove masse continentali emergono dall'acqua (regressione).

In linea generale le catene montuose sono formate come risultato del sollevamento continentale. Questo fenomeno è chiamato sollevamento tettonico perché è causato da forze tettoniche. Queste forze conseguono all'enorme stress imposto alle rocce quando le placche litosferiche convergono. Questo sollevamento non è improvviso; esso può durare molti milioni di anni. Per esempio, il più importante stadio di deformazione tettonica in Grecia iniziò dieci milioni di anni fa ed è ancora attivo oggi. Esso ha generato le Ellenidi, come sono chiamate le catene montuose greche più recenti, che iniziano dalla catena dell'Atlante (Marocco), attraverso le Alpi, i Balcani, la Turchia, Zagros (Iran) e terminano nell'Himalaya. Questa enorme catena montuosa si è formata nelle stesse condizioni e le sue montagne condividono una comune storia geologica.

Quando le rocce deformate si trovano in profondità nella crosta terrestre, dove l'alta pressione e l'alta temperatura prevalgono, esse tendono a piegarsi. Come risultato le pieghe esistono in quasi tutte le rocce delle montagne, in quanto in passato esse si trovavano nella parte più profonda della crosta. Nelle parti superiori della crosta, dove pressione e temperature sono più basse, le rocce tendono a rompersi, formando faglie e fratture. Le fratture sono discontinuità nella crosta, che rompono le rocce in blocchi separati. Quando lo stress applicato alle rocce supera un certo limite, i blocchi su entrambi i lati iniziano a muoversi e le fratture si trasformano in faglie. Questo processo deformativo è continuo ed inarrestabile. La Terra di oggi è soltanto un'istantanea dell'immenso tempo geologico.

I margini delle placche sono costituiti da molte faglie e la maggior parte dei terremoti nel mondo si verifica lungo queste faglie. Ogni volta che il blocco delle faglie si muove, si verifica un terremoto. Molte faglie sono vecchie e non producono più terremoti. Quelle che possono produrli si chiamano faglie attive. Una faglia può ancora essere attiva per milioni di anni dopo la propria formazione. I terremoti sono una delle indicazioni più importanti che la terra è un pianeta vivo. Soprattutto nelle aree vicine ai margini litosferici, come la Grecia, i terremoti si verificano ogni giorno e spesso hanno effetti catastrofici. Sfortunatamente la frequenza dei terremoti non può essere prevista, così l'unico modo per mitigarne l'effetto è costruire edifici resistenti ed essere opportunamente informati.

Comunque, non tutte le faglie sono in grado di generare terremoti; unicamente quelle in cui lo stress è accumulato continuamente. Molte faglie sono considerate inattive a produrre un terremoto rispetto ad altre che sono invece considerate attive.

Studio di una faglia attiva

Poiché le faglie attive sono le responsabili dei terremoti, è di fondamentale importanza identificarle e studiarle in dettaglio, per mitigarne il rischio che, nelle nostre moderne società, tende ad essere alto. Ci sono varie fasi e vari modi per studiare una faglia attiva:

- Prima di tutto una faglia va identificata come attiva. Questa non è una fase facile, in quanto molte di loro non sono direttamente associate con un terremoto noto. La maggior parte delle faglie attive inoltre non ha generato un terremoto in tempi storici o la loro associazione con un terremoto non è nota o dubbia. Di conseguenza è necessario condurre una approfondita indagine geologica, anche indirizzata all'età delle rocce che la faglia deforma: se esse sono sufficientemente giovani, ciò significa che questa faglia è stata riattivata nel recente passato geologico, quindi si potrebbe riattivare di nuovo in futuro. A seconda della definizione, una faglia che è stata attivata nell'Olocene (cioè circa 12.000 anni fa) è considerata attiva.
- Se una faglia è individuata come attiva, il passo successivo è di trovare le caratteristiche quantitative. Ossia, le sue caratteristiche spaziali (lunghezza, angolo di caduta, strike, ecc.) e temporali (intervallo di ripetizione, percentuale di scivolamento). Questi sono parametri importanti che sono richiesti nella valutazione del rischio sismico e forniscono importanti informazioni per un risultato certo. Le caratteristiche spaziali possono derivare dalle mappe geologiche e da misurazioni sul campo. Le caratteristiche temporali invece richiedono delle metodologie più sofisticate. Durante gli ultimi decenni, due principali metodi di ricerca sono stati sviluppati riguardo questo problema: la paleosismologia e l'archeosismologia.
 - ✓ La Paleosismologia studia gli effetti di un terremoto passato sull'ambiente. Essi sono numerosi e di varia natura: rotture superficiali, frane, cadute rocciose, blocchi inclinati, liquefazioni, subsidenza, sollevamento, ecc. La Paleosismologia richiede precise datazioni dei campioni presi dai livelli chiave, così che si possa stabilire una linea di attività temporale della faglia.
 - ✓ L'Archeosismologia studia gli effetti di un terremoto sulle strutture costruite dall'uomo. Essi sono molto diversi e dispersi sul territorio, quindi devono essere interpretati con cautela. Queste datazioni sono comunque più facili, in quanto gli archeologi generalmente hanno già stabilito una precisa linea temporale di eventi basati sui loro ritrovamenti.

1.3 Definizione di un terremoto

Le onde sismiche

Per misurare un terremoto si studiano soprattutto le onde sismiche, usando vari strumenti e registrazioni. L'energia rilasciata durante un terremoto causa la deformazione delle rocce nell'area dell'epicentro e produce onde sismiche, che trasferiscono energia attraverso l'interno e la superficie della terra. Gli strumenti che misurano le onde sismiche si chiamano sismografi.

Le onde sismiche si diramano in tutte le direzioni attorno all'epicentro (Fig. 1.4). Ci sono molti tipi differenti di onde sismiche; alcune si possono trasmettere attraverso qualsiasi materiale, altre soltanto attraverso materiali solidi.

Le onde sismiche sono divise in due gruppi; quelle trasmesse attraverso la crosta, chiamate onde di superficie, e quelle trasmesse all'interno della terra, chiamate onde di volume. Le onde di superficie viaggiano solo attraverso la superficie terrestre, ad una frequenza più bassa di quelle di volume, il che le rende più facilmente riconoscibili mediante un sismografo. Sebbene arrivino dopo le onde di volume, sono le onde di superficie le uniche responsabili dei danni e delle distruzioni associate ai terremoti.

Le onde di superficie sono le **Rayleigh** and **Love**. Love è l'onda di superficie più veloce e muove il terreno da una parte all'altra. Confinata alla superficie della crosta, le onde Love producono unicamente movimento orizzontale. Le onde **Rayleigh** rotolano nel terreno proprio come un'onda attraversa un lago o un oceano. Ruotando, quest'onda muove il terreno su e giù e da un lato all'altro seguendo il suo movimento. La maggior parte del movimento avvertito durante un terremoto è dovuta all'onda Rayleigh, che può essere di maggiore ampiezza delle altre.

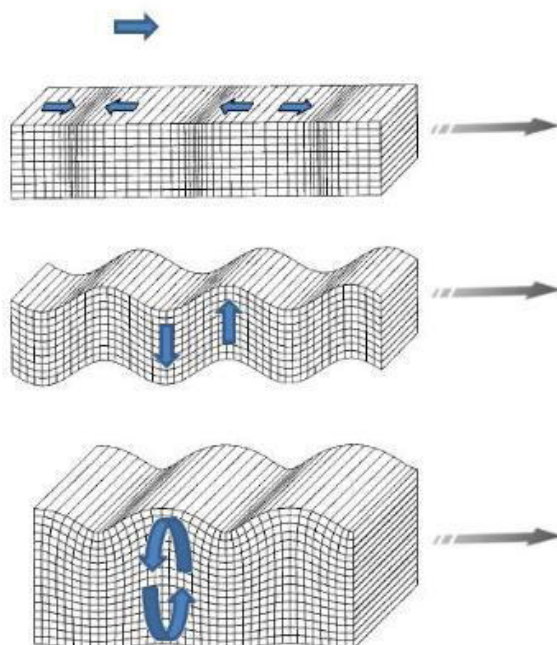


Figura 1.4 Onde sismiche. In alto: onde P, al centro: onde S, in basso: onde di superficie (USGS)

Viaggiando all'interno della Terra, le onde di volume arrivano in superficie prima delle onde di superficie emesse da un terremoto. Queste onde sono di frequenza maggiore di quelle di superficie. Le onde di volume si dividono in onde primarie (P) e onde secondarie (S).

Le onde primarie (P) possono viaggiare attraverso tutti i tipi di materiali (solidi, liquidi, gassosi) e sono più veloci di tutte le altre onde sismiche, giungono quindi per prime alla stazione sismica (primarie). Esse sono longitudinali o da compressione, che significa che le molecole si dilatano e comprimono alternativamente nella direzione della propagazione e della trasformazione dell'onda.

Le onde secondarie (S) possono viaggiare solo attraverso i solidi. Esse sono onde trasverse o di taglio, che significa che le molecole sono distribuite perpendicolarmente rispetto alla direzione di propagazione delle onde. La differenza nel tempo di arrivo delle onde P ed S alla stazione sismologica può essere usata dai sismologi per determinare la distanza tra la stazione e l'epicentro del terremoto ed i sistemi di allarme preventivi.

Dato che le onde di volume viaggiano attraverso l'interno della terra, esse creano percorsi a raggi rifratti dalle varie densità e durezza dell'interno della terra. La densità ed il modulo (durezza), a loro volta, variano a seconda della temperatura, composizione e fase. Basandosi su questi fattori le onde di volume aiutano gli scienziati (geofisici) a studiare l'interno della terra.

Misurare i terremoti

Le vibrazioni prodotte dai terremoti sono rilevate, registrate e misurate da strumenti chiamati sismografi (Fig. 1.5). La linea a zig-zag creata da un sismografo, chiamata sismogramma, riflette il cambio di intensità delle vibrazioni in risposta al movimento della superficie del terreno sotto lo strumento. Dai dati espressi nei sismogrammi, gli scienziati possono determinare il tempo, l'epicentro, la profondità dell'epicentro e il tipo di faglie di un terremoto e possono valutare quanta energia sia stata rilasciata.

Visto che le onde primarie viaggiano più veloci delle onde secondarie, la differenza di tempo di arrivo rappresenta la distanza del sismografo dall'epicentro del sisma. RegISTRAZIONI di un terremoto su due sismogrammi differenti aiutano a localizzare l'epicentro sulla mappa (Fig. 1.6).

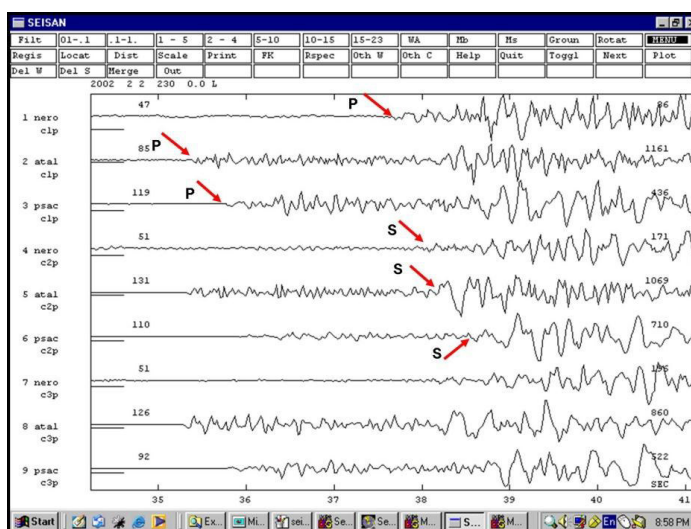


Figura 1.5 Identificazione delle onde P ed S su un sismogramma di un terremoto Greco
(Fonte: Osservatorio nazionale di Atene)

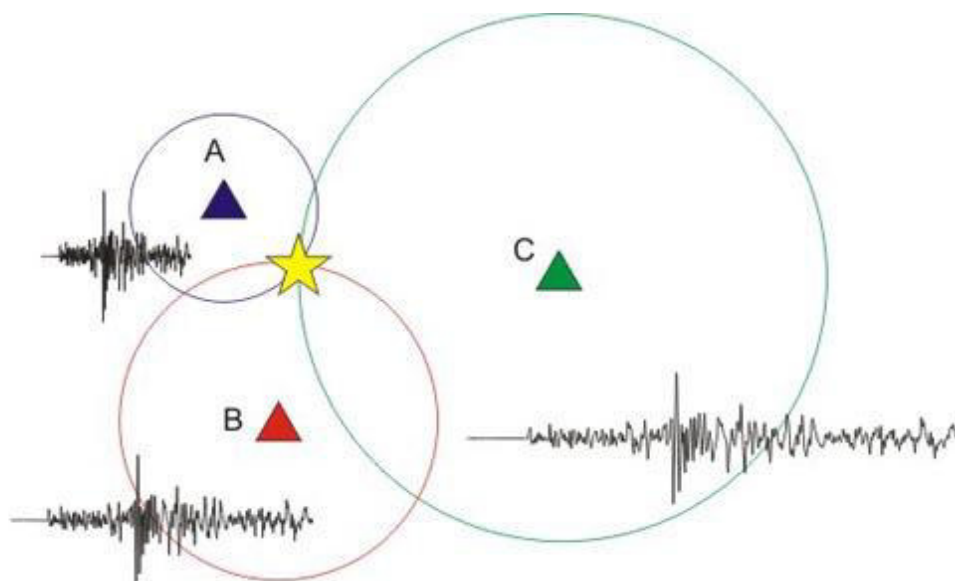


Figura 1.6 Identificazione dell'epicentro di un terremoto (stella) dall'analisi di tre stazioni sismiche (A, B, C)

Fonte: British Geological Survey

(<http://www.bgs.ac.uk/discoveringGeology/hazards/earthquakes/locatingQuakes.html>)

L'energia rilasciata durante un terremoto è espressa dalla magnitudo del sisma. La magnitudo di un terremoto, di solito espressa dalla Scala Richter, è una misura dell'ampiezza delle onde sismiche rispetto alla distanza dall'epicentro (Fig. 1.7). La scala è logaritmica, così che una registrazione di 7, per esempio, indica un disturbo con movimento di fondo di 10 volte più grande della registrazione del 6. Un terremoto di magnitudo 2 è il più piccolo normalmente avvertito dalle persone. Terremoti con valore Richter di 6 o più sono comunemente considerati seri; grandi terremoti hanno magnitudo 8 o maggiore sulla Scala Richter. Questa è normalmente chiamata Magnitudo Locale (M_L).

Comunque, per stimare le reali condizioni dell'area di epicentro, invece di usare la vibrazione del terreno lontano dall'evento, gli scienziati hanno sviluppato un'altra scala "il Momento di Magnitudo" (M_m). Questa scala dipende dal prodotto dello scivolamento della faglia quando si frattura, dalle caratteristiche della superficie di faglia ed aiuta gli scienziati a paragonare i terremoti su scala globale. L'esistenza di altre scale di magnitudo crea qualche volta confusione ed incomprensione sulla magnitudo di uno specifico terremoto.

La magnitudo di un terremoto non è sempre correlata al livello di distruzione causato. Un terremoto lontano da aree popolate e infrastrutture umane, o con epicentro molto profondo, in relazione alla sua magnitudo, può non creare nessun danno. La distruttività di un terremoto dipende da molti altri fattori ed è comunemente espressa come **intensità** di un terremoto. In aggiunta alla magnitudo ed alle condizioni geologiche locali, questi fattori includono anche la profondità dell'epicentro e l'architettura di edifici ed altre strutture. Le dimensioni del danno dipendono anche dalla densità di popolazione e dal tipo di costruzioni nella zona.

L'intensità si riferisce agli effetti di un terremoto ed è generalmente misurato dalla Scala Mercalli o anche dalla Scala Mercalli Modificata. Questa scala è un metodo qualitativo per studiare gli effetti di un terremoto sulle costruzioni umane moderne. Essa spazia tra I (un evento molto debole non avvertito dagli uomini) e

XII (danno totale a tutte le costruzioni). L'intensità è anche utilizzata per studiare i terremoti storici perché gli effetti sono quelli trovabili nelle registrazioni.

Previsione dei terremoti

I terremoti sono fenomeni naturali ancora non prevedibili. Questo significa che gli scienziati non sono in grado di predire la posizione esatta, la magnitudo, il momento in cui si verificheranno. Vengono comunque fatti molti sforzi in questo campo.

Questi sforzi possono essere specifici, a breve termine o a lungo termine. Previsioni specifiche a breve termine mirano ad informare lo Stato e le istituzioni pubbliche riguardo ad un imminente terremoto, fornendo l'ora e la magnitudo attesa in una certa zona. Soltanto cinque o sei volte queste previsioni hanno avuto successo, nell'ex URSS e in Cina, dove è stata usata una combinazione tra il terreno, gli strumenti ed i comportamenti animali. Queste previsioni sono basate soprattutto su osservazioni strumentali di micro movimenti del terreno, sul comportamento elastico delle rocce, cambi nelle proprietà chimiche e fisiche delle rocce e dell'acqua sotterranea, o sull'emissione di gas sotterranei (come il radon) o anche su piccoli terremoti precursori.

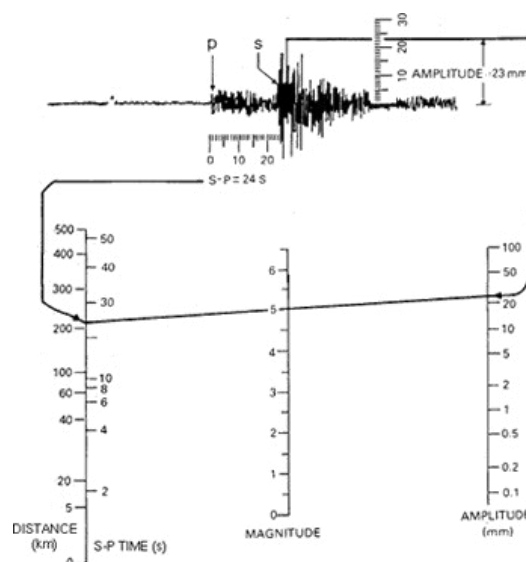


Figure 1.7 Stima empirica della magnitudo di un terremoto usando la distanza tra l'epicentro e l'ampiezza del sismografo (Fonte: British Geological Survey)

Le previsioni a lungo termine sono basate su dati statistici e teorici, che stimano la probabilità del verificarsi di terremoti di una certa magnitudo in un certo periodo e regione.

Oggigiorno è importante il ruolo degli indicatori di prima allerta. Questi sono i segni dei terremoti precursori, alcune ore o anche secondi prima che l'evento si verifichi. Gli scienziati hanno sviluppato i sistemi di primo allarme per terremoti e tsunami, usando tecnologie ed infrastrutture moderne. È risaputo che le onde primarie viaggiano più velocemente delle secondarie e delle onde di superficie che trasferiscono una grande quantità di energia sismica. Sistemi automatici possono identificare forti segnali provenienti da onde primarie in una stazione di sismografo ed allertare le autorità in tempo reale, alcuni secondi o anche minuti prima dell'arrivo della scossa principale. Sistemi e procedure possono quindi essere

attivati in automatico (o disattivati, come l'approvvigionamento di gas) per minimizzare gli effetti ed il danno ed offrire il più elevato supporto possibile.

1.4 Conseguenze dei terremoti

Gli effetti di un terremoto possono essere classificati in due gruppi principali, gli effetti diretti che sono indotti dal fenomeno del terremoto stesso e gli effetti secondari che seguono o accompagnano gli effetti diretti. In caso di un forte terremoto, edifici, strade o linee sotterranee possono essere distrutti o demoliti.

Dopo un terremoto possono presentarsi gli effetti secondari. I più seri e comuni effetti secondari di un terremoto sono i seguenti:

- **Incendi** si possono sviluppare dopo un forte terremoto. Il movimento del terreno può generare fuochi, rompere linee del gas o creare corto-circuiti che generano incendi. A causa di danni alle condutture dell'acqua, lo spegnimento è molto difficile, così il loro impatto può essere grave. Tipici studi di caso con questi effetti arrivano dai terremoti di San Francisco nel 1906 e di Tokyo nel 1923, dove il 90% dei danni fu causato dagli incendi.
- **Spostamenti del terreno** come frane, movimenti rocciosi o flussi di detriti possono essere innescati da onde sismiche in luoghi in cui la pendenza superficiale è molto alta ed esistono già delle instabilità rocciose. In molti casi le frane possono coprire intere città, interrompere le comunicazioni ed i trasporti, amplificando l'effetto del terremoto.
- **La liquefazione delle masse** è un altro tipico fenomeno che si manifesta in sedimenti soffici e sciolti. Per colpa delle vibrazioni del terremoto, la stabilità e la rigidità dei suoli saturati o dei sedimenti sciolti sono ridotte così da diventare come un liquido. Il suolo o i sedimenti sciolti non possono più supportare le fondamenta di edifici o ponti, che possono inclinarsi o crollare a causa dei movimenti delle fondamenta. Normalmente, dopo la liquefazione, un riassetto di sabbia ed argilla può creare delle fratture e delle crepe nei sedimenti in superficie. Tipici esempi di liquefazione sono stati osservati durante i terremoti in Alaska nel 1964 e Giappone nel 1995.
- Infine, un altro effetto importante dei terremoti sono i maremoti, chiamati **tsunami**. I maremoti originati dai violenti terremoti del 2004 a Sumatra e 2011 in Giappone hanno dimostrato che gli tsunami possono essere anche più pericolosi dei terremoti stessi. Uno tsunami è costituito da una serie di onde estremamente lunghe (anche centinaia di chilometri) causate da fenomeni che interessano il fondo oceanico su larga scala, come: terremoti, frane, eruzioni vulcaniche, ecc. Quando si verificano terremoti in alto mare ed a scarsa profondità, il fondo oceanico può spostarsi improvvisamente per via dello scorrimento di una faglia, spostando anche una grande quantità d'acqua e dando origine ad uno tsunami. Quando raggiunge la costa, esso sviluppa una forza distruttiva che può causare danni enormi e molte vittime. Da un lato, gli tsunami causano disastri per forza d'impatto, che dipende di più dalla lunghezza e dalla velocità delle onde, che dalla loro altezza. Dall'altro lato, le masse d'acqua che si ritirano possono causare danni enormi trascinando con sé tutto ciò che incontrano. Uno tsunami sviluppa una velocità compresa tra 50 e 800km/h. Anche alla minima velocità, l'impatto di un metro cubo d'acqua equivale alla forza di un veicolo che impatta a 50km/h.

2. Valutazione dei Rischi

2.1 Aspetti generali della valutazione di rischio

La valutazione di rischio è un processo che serve ad identificare possibili pericoli e ad analizzare le conseguenze del verificarsi di una determinata situazione di rischio. Vi sono numerosi pericoli da considerare. Per ciascun pericolo esistono diversi scenari possibili che possono presentarsi a seconda del fattore tempo, della magnitudo e della localizzazione del pericolo.

Le attività di mitigazione dei rischi di disastro sono generalmente rivolte ai singoli pericoli naturali ed ai rischi ad essi associati. Tuttavia, questo approccio ignora le interazioni spaziali e temporali che si possono verificare lungo la catena di rischio di una calamità. Ad esempio, un evento estremo può innescarne altri, come un terremoto che genera uno tsunami, oppure vari eventi di diverso tipo possono verificarsi contemporaneamente, come condizioni meteorologiche particolarmente avverse e terremoti.

Esistono diverse “valutazioni” di rischio da pericoli. I danni alle persone dovrebbero essere il primo e più importante criterio di ogni valutazione di rischio. Le situazioni di pericolo che possono causare ingenti danni a persone dovrebbero essere ben evidenziate al fine di mettere in atto adeguati piani di emergenza. Molti beni fisici possono essere a rischio, tra cui edifici, tecnologia informatica, sistemi di utilità, macchinari, materie prime e prodotti finiti. Inoltre, bisogna valutare l’impatto potenziale sull’ambiente.

A livello dell’UE non sono state definite regole precise per le valutazioni di rischio. Le valutazioni di rischio contemplano i seguenti aspetti:

- identificazione dei pericoli e dei rischi;
- valutazione e classificazione dei rischi;
- decisioni relative ad azioni preventive ;
- messa in atto di interventi;
- monitoraggio e revisione.

Tuttavia, vi sono due principi che dovrebbero sempre essere tenuti a mente quando ci si appresta ad effettuare una valutazione di rischio:

- strutturare la valutazione per essere sicuri che tutti i pericoli e rischi rilevanti siano presi in considerazione;
- quando si identifica un rischio, iniziare la valutazione dai primi principi, domandandosi se sia possibile eliminare il rischio.

Un quadro olistico di valutazione di rischio permette di sviluppare gli strumenti ed ottimizzare le risorse:

- i modelli di pericolo sismico si basano su una complessa combinazione di dati geologici e geofisici. Cataloghi storici e strumentali degli eventi, insieme a banche dati delle faglie attive e modelli di tensione geodetica, costituiscono la base critica per lo sviluppo di modelli globali di rischio sismico. Su scala regionale, dati e modelli di rischio sismico vengono sviluppati insieme ad esperti locali, al fine di creare una base affidabile per la valutazione del rischio sismico.
- Le perdite potenziali causate da terremoti, in termini di danni a strutture ed a persone possono essere oggi stimate su scala mondiale ed in maniera consistente.

- Indici compositi della vulnerabilità sociale, della resilienza e della perdita economica indiretta possono essere collegati ai rischi fisici (stime di perdita e danno), al fine di valutare i rischi in maniera integrata.

L'impatto dei terremoti sulla sicurezza pubblica e l'economia sociale può essere ridotto attraverso il miglioramento dell'ambiente edificato al fine di renderlo resistente agli effetti di un terremoto.

Il miglioramento dell'ambiente edificato, in termini di resistenza ai terremoti, richiede ricerca in almeno tre campi: 1) quantificazione degli effetti dei terremoti, in una forma che sia utilizzabile da parte degli ingegneri progettisti (quali ingegneri strutturali e geotecnici), 2) miglioramento delle pratiche di progettazione, e 3) conoscenza dei tipi di danno che si verificano a seguito dei terremoti.

L'obiettivo di una valutazione di rischio sismico è quello di quantificare i danni e le perdite potenziali causati da eventuali terremoti futuri (le conseguenze) e la probabilità che questi si verifichino in un determinato periodo (la probabilità).

Il rischio sismico è una misura che combina la probabilità e le conseguenze di una serie di scenari per un determinato periodo di tempo. Il rischio può essere stimato come la probabilità che un terremoto abbia conseguenze dannose o causi perdite di vite umane e perdite e danni a persone e cose (ad es. feriti, interruzione di attività economiche, danni ambientali) come risultante delle interazioni tra il pericolo sismico (H), la vulnerabilità (V) ed i beni esposti (E).

Ciascuno di questi fattori è ripartito in parametri più specifici. Il pericolo sismico è tipicamente correlato con la sismicità del passato, con parametri geologici e geofisici (ad es. accelerazione massima al suolo, intensità sismica, propagazione ed attenuazione delle onde sismiche, effetto di sito). La vulnerabilità dipende dalla qualità delle strutture edili, dalla condizione del suolo e dalle caratteristiche della popolazione. Le infrastrutture, le strutture critiche ed i principali sistemi di comunicazione rappresentano i beni esposti ai danni da terremoto e devono essere presi in considerazione nella valutazione del rischio.

Si considera generalmente adeguato un approccio al rischio sismico che prenda in considerazione tutti gli elementi coinvolti. Più specificatamente, i passi fondamentali per la valutazione del rischio sismico sono:

Analisi dei rischi:

- Identificazione delle origini dei terremoti.
- Realizzazione di modelli di incidenza sismica sulla base delle sorgenti identificate.
- Stima dell'attenuazione dei movimenti sismici tra le sorgenti e l'area di studio.
- Valutazione degli effetti di amplificazione, liquefazione, frana e rottura superficiale di faglia in sito.

Inventario e classificazione:

- Identificazione di infrastrutture (edifici e linee di comunicazione) esposte ai danni.
- Classificazione degli edifici e delle linee di comunicazione secondo la loro vulnerabilità ai danni.
- Classificazione della frequentazione degli edifici e delle strutture.

Modelli dei danni:

- Realizzazione di modelli di prestazione delle classi di inventario sotto l'effetto di scosse sismiche ed effetti conseguenti, come danni al suolo.

- Sviluppo di funzioni di danno (rapporto tra livelli di danno e corrispondenti livelli di intensità sismica).
- Stima dei danni alle strutture inventariate a causa dei movimenti sismici nel sito inventariato.
- Stima dei danni causati da incendi post-sismici e altri eventi secondari.

Stima delle perdite:

- Stima delle perdite dirette per costi di riparazione.
- Stima delle perdite indirette per perdita di funzionalità delle strutture inventariate.
- Stima delle perdite di vite umane a causa dei danni.

2.2 Mappe Nazionali di Pericolosità in Grecia, Bulgaria, Italia e Spagna

2.2.1 Mappa di pericolosità e rischio sismico della Grecia

Al fine di mitigare le perdite da sisma è necessario valutare i rischi sismici dell'intero paese. La mappa di rischio sismico risponde a questa necessità, integrando le conoscenze della comunità scientifica sulle sorgenti dei sismi, sulla deformazione della crosta, le falde attive e le scosse sismiche. Queste informazioni vengono tradotte in una forma che possa essere utilizzata per ridurre il rischio sismico e migliorare la sicurezza pubblica. La Mappa di pericolosità e rischio sismico della Grecia è la base per le previsioni sismiche ai fini della redazione delle norme edilizie e dei modelli di rischio.

La Mappa di Pericolosità e Rischio Sismico della Grecia viene periodicamente migliorata ed aggiornata sulla base delle informazioni acquisite. La Mappa di Pericolosità e Rischio Sismico è stata sostituita con una Nuova Mappa di Pericolosità e Rischio Sismico nel 2003 (Fig. 2.2.1.1). La Grecia è suddivisa in tre zone a rischio sismico I ($a=0,16$), II ($a=0,24$), III ($a=0,36$). Sulla base dei dati sismologici, si stima che i valori delle accelerazioni al suolo possano essere superiori nel 10% dei casi.

Il Comitato Scientifico permanente EPPO studia ed aggiorna il Piano Regolatore e la Mappa di Pericolosità e Rischio Sismico della Grecia.

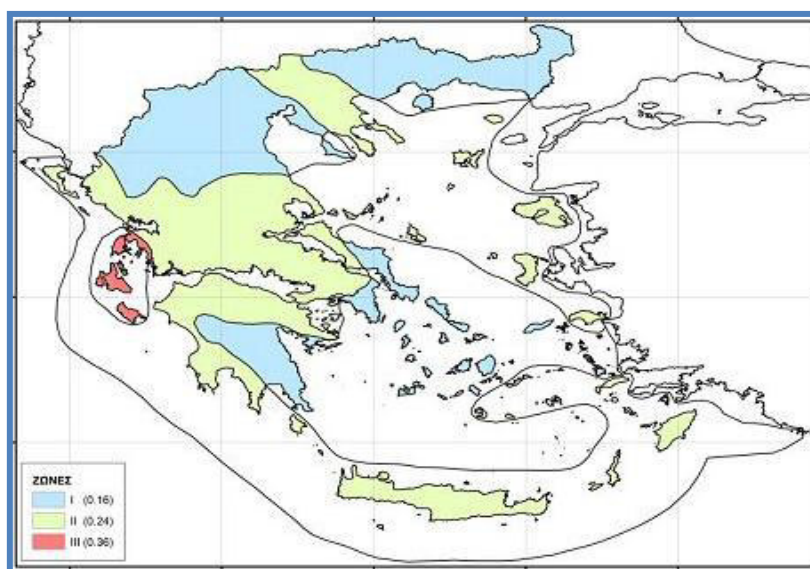


Figura 2.2.1.1 Mappa di Pericolosità e Rischio Sismico della Grecia (EPPO 2003)

2.2.2 Mappa di pericolosità e rischio sismico dell'Italia

La Mappa di Pericolosità e Rischio Sismico dell'Italia mostra la probabile accelerazione massima al suolo in diverse parti d'Italia. L'Italia è uno degli stati mediterranei a più alto rischio sismico, per via della sua particolare posizione geografica in corrispondenza della convergenza tra le placche africana ed europea. La sismicità più elevata è concentrata nella parte centro-meridionale della penisola, lungo la catena appenninica (Val di Magra, Mugello, Val Tiberina, Val Nerina, Aquilano, Fucino, Valle del Liri, Beneventano, Irpinia), in Calabria e in Sicilia ed in alcune zone del settentrione, come il Friuli, parte del Veneto e la Liguria occidentale. Solo la Sardegna non è particolarmente soggetta ad eventi sismici.

Per le zone rosa e viola è necessario adottare accurate misure preventive al fine di poter valutare il rischio sismico nell'intero paese e di poter attenuare le perdite dovute ad eventi sismici.

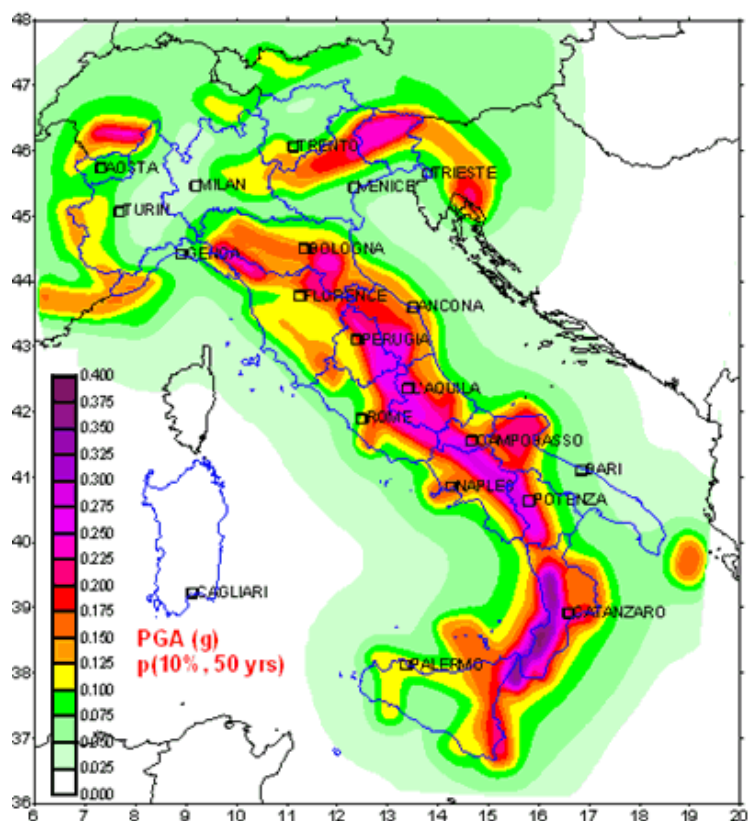


Figura 2.2.2.1 Mappa di Pericolosità e Rischio Sismico dell'Italia (Fonte: Università degli Studi di Urbino – Pericolo Sismico)

La sismicità è rimasta localizzata lungo lo spartiacque orografico ed i pericoli sono associati prevalentemente con gli Appennini. La sismicità è rimasta associata allo spartiacque centrale, con poca attività sismica lungo la costa occidentale, dove è in atto un'estensione, o lungo la costa orientale, dove è in atto un innalzamento dei rilievi.

Le rocce metamorfosate e piegate degli Appennini potrebbero dare l'impressione che le attività sismiche siano prevalentemente imputabili a forze compressive. Tuttavia, la mappa sismica dell'Italia mostra che le tensioni compressive al largo della costa sono associate a spinte continue, mentre lo spartiacque centrale dell'Appennino è interessato da movimenti estensivi.

Il cuneo è centrato sullo spartiacque appenninico, tra la crosta altamente permeabile del bacino tirrenico ed il fronte di spinta, impermeabile. L'elevata pressione dei fluidi in risalita non ha effetto sul fronte di spinta, mentre il bacino tirrenico altamente permeabile permette la risalita di fluidi magmatici. Tuttavia, la risalita dei fluidi nella regione centrale può causare eventi sismici di magnitudo $5 < M < 7$. L'aumento della tensione dovuta ai fluidi nelle faglie giovani, ancora immobili sotto il sovrascorrimento, può causare sismi episodici.

Esiste un progetto UNESCO di micro-zonazione dell'Italia in base al tipo di suolo. Le proprietà dei suoli sono importanti per la scelta delle misure preventive da adottare. Le città che sorgono su suoli che amplificano i movimenti saranno soggette ad interventi estensivi per ridurre i rischi sismici.

2.2.3 Mappa di pericolosità e rischio sismico della Bulgaria

Il territorio della Bulgaria rientra tra le zone ad elevato pericolo sismico della Terra. I terremoti più violenti e frequenti, circa il 75-80%, si verifica lungo la cintura di fuoco del Pacifico. La Bulgaria rappresenta uno dei nodi più attivi in Europa ed appartiene alla seconda zona sismica al mondo – la catena Alpino-Himalaiana. Qui si verifica il restante 15-20% delle scosse sismiche. Tuttavia nei Balcani le scosse sismiche sono 2-3 volte più deboli e meno frequenti rispetto alla maggior parte delle zone attive del Pacifico. Per questo tale regione, compresa la Bulgaria, appartiene ad una zona che è seconda al mondo in ordine di pericolosità sismica.

Il 97% del territorio è minacciato da eventi sismici ed è classificato al secondo posto in termini di rischio di incidenza di terremoto. Per questo consideriamo estremamente importante mappare le zone a rischio sismico e gli epicentri dei terremoti con magnitudo $M \geq 5$ nella scala Richter. In Bulgaria le zone a maggiore rischio sismico sono localizzate nei dintorni di Blagoevgrad, Sofia, Shabla, fiume Maritsa, Veliko Tarnovo e Gorna Oryahovitza (Fig. 2.2.3.1).

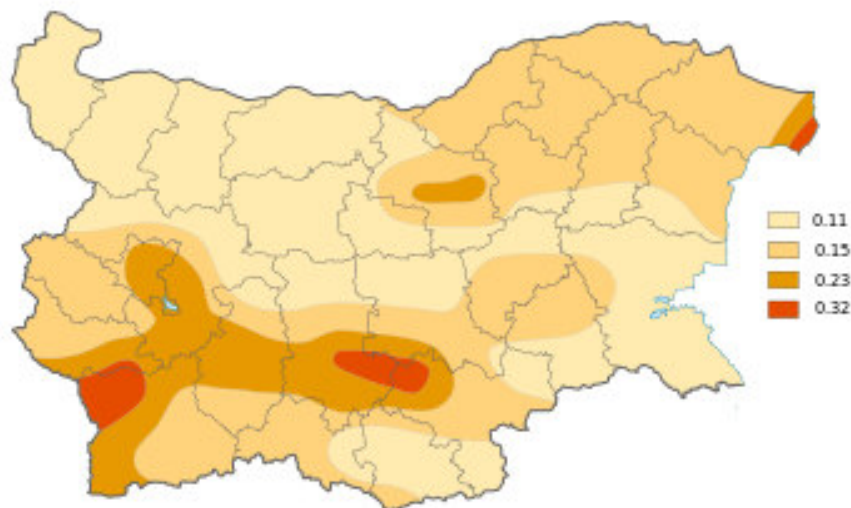


Figura 2.2.3.1 Mappa di rischio sismico, con valori massimi di accelerazione al suolo (misurata in g) ed un periodo di 475 anni (Istituto Bulgaro di Standardizzazione)

Solo una zona in Bulgaria presenta valori massimi in questa scala, ed è la zona intorno al Kresna Gorge, lungo il fiume Struma (Fig. 2.2.3.2) Qui il 4 aprile del 1904 si è verificato il più violento terremoto superficiale della penisola balcanica ed uno dei più forti verificatisi in Europa negli ultimi 120 anni. La magnitudo di questo terremoto è stata valutata pari al grado 7.8 della scala Richter.



Figura 2.2.3.2 Kresna Gorge, la regione della Bulgaria a maggior rischio sismico <http://www.rezhodka.com/>

Le regioni/aree sismiche della Bulgaria possono essere classificate come segue:

1 - Ipocentro sismico di Krupnik-Kresna – ultimo terremoto significativo nel 1904 (Fig. 2.2.3.3)



Figura 2.2.3.3 Terremoto di Kresna, 04.04.1904 (<http://novinar.bg/>)

Magnitudo stimata – 7-8 della scala Richter (X-XI della scala Medvedev–Sponheuer–Karnik).

Ciclo di ripetizione – sconosciuto.

Questa è la zona a maggior “carico” sismico della Bulgaria ed una delle zone più pericolose in Europa. **Maggiormente a rischio** sono le aree urbane intorno a Blagoevgrad. I comuni di Kresna, Blagoevgrad, Sadanski e Petrich contano in totale quasi 400.000 abitanti.

2 – Ipocentro sismico di Shabla – ultimo terremoto significativo nel 1901

Magnitudo stimata – 7-7,5 della scala Richter (IX-X della scala Medvedev–Sponheuer–Karnik).

Ciclo di ripetizione – sconosciuto.

Maggiormente a rischio sono le aree urbane ad alta densità di popolazione della Bulgaria nordorientale – Shabla, Dobrich, Silistra, Balchik, Kavarna, Varna, che contano circa 700.000 abitanti.

3 - Ipocentro sismico di Gorna Oryahovitza – ultimo terremoto significativo nel 1913 (Fig.2.2.2.4).



Figura 2.2.3.4 Danni provocati dal sisma del 1913 a Gorna Oryahovitza (Archivi del Museo Regionale di Storia) <http://www.capital.bg/>

Magnitudo stimata – 7 della scala Richter

Ciclo di ripetizione – sconosciuto

Maggiormente a rischio sono le aree di Gorna Oryahovitza, Veliko Tarnovo che contano quasi 200.000 abitanti.

4 - Ipocentro sismico di Plovdiv-Chirpan (fiume Maritsa) – ultimo terremoto significativo nel 1928 (Fig. 2.2.3.5)



Figura 2.2.3.5 Circolo ufficiali di Plovdiv distrutto dal terremoto del 1928 (<http://dariknews.bg/>)

Magnitudo stimata – 7 della scala Richter.

Ciclo di ripetizione – sconosciuto

Maggiormente a rischio sono le aree urbane di Chirpan, Plovdiv, Stara Zagora, che contano circa 700.000 abitanti.

Oltre alle aree ad elevato rischio, già menzionate, vi sono molti fuochi meno pericolosi, con una magnitudo massima da **6,5 a 7** della scala Richter. Si tratta degli **epicentri di Sofia, Provadia e Yambol**, nei quali oltre 1.5 milioni di abitanti sono potenzialmente a rischio.

Gli edifici e le infrastrutture critiche sono progettate per resistere a terremoti con magnitudo fino a 9 della scala Richter. Tuttavia, le ristrutturazioni non regolamentate di edifici ed appartamenti, effettuate negli anni dai proprietari, possono averne indebolito la resistenza sismica. Sfortunatamente le ristrutturazioni abusive sono una pratica comune nel nostro paese.



Figura 2.2.3.6 Danni da terremoto (<http://elearn.uni-sofia.bg/>)

Le abitazioni delle zone rurali presentano un altro problema, non meno significativo. Una progettazione architettonica qualificata era estremamente rara in passato. Gli edifici rurali non presentano alcuna garanzia in termini di resistenza ai sismi. Molte compagnie assicurative si rifiutano persino di risarcire i danni in assenza di piani architettonici o valutazioni professionali della stabilità degli edifici. Questa situazione si presenta in quasi tutti i borghi del paese.



Figura 2.2.3.7 Danni causati dal terremoto, 1986 (www.lostbulgaria.com)

2.2.4 Mappa di pericolosità e rischio sismico della Spagna

La Spagna si trova in una zona a moderata attività sismica. Storicamente, i fenomeni sismici hanno causato vittime e ingenti danni. Tuttavia, paragonati ad altre calamità naturali, i terremoti hanno il minore impatto in termini di perdita di vite umane (0.9% dal 1995, incluse le vittime del terremoto di Lorca nel 2011).

Morti 1,056 (100%)	Calamità naturali
304 (28.8%)	Alluvioni
222 (21.0%)	Vittime a terra di mareggiate
183 (17.3%)	Temporal, fulmini e venti forti
124 (11.7%)	Incendi boschivi
107 (10.1%)	Ondate di caldo
48 (4.5%)	Valanghe
36 (3.4%)	Frane
23 (2.2%)	Neve e freddo
9 (0.9%)	Terremoti

Figura 2.2.4.1 Morti causate da calamità naturali, 1995-2012 (www.magrama.gob.es)



● Epicentro sismico ★ Edifici ed aree danneggiate 🧑 Persone decedute

Figura 2.2.4.2 Grafico delle conseguenze dei terremoti di Lorca nel 2011 (Zafra M., 2011, "Consecuencias dei terremoti di Lorca." El País)

All'interno della classificazione di rischio geologico, i tipi di rischio vengono classificati sulla base dei rischi derivati (Fig. 2.2.4.3).

Classificazione di Rischio Geologico			
Rischio da:	Tipo di Rischio		
<u>Dinamiche interne al pianeta</u>	<u>Sismico</u>	Vulcanico	Alocinetico
<u>Dinamiche esterne al pianeta</u>	Associato con le dinamiche di fiumi e torrenti	Associato con i movimenti di catene montuose	Associato con la subsidenza del suolo
Attività estrattive e industriali	Causate da determinati minerali e rocce che possono contaminare l'ambiente o essere pericolose per la salute		

Figura 2.2.4.3 Classificazione di rischio geologico (García, A.)

Come mostrato qui sotto (Fig. 2.2.4.4), le maggiori aree sismiche in Spagna sono: la regione dei Pirenei, il sistema montuoso della Cordigliera Betica (Vera, Almeria, Torrevieja), la Depressione Betica, la regione sudoccidentale della penisola e le Isole Canarie.

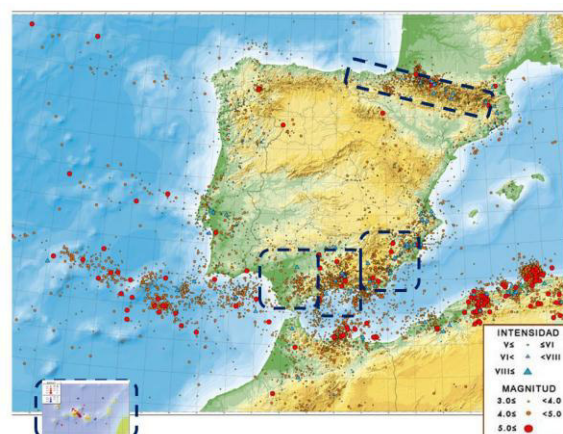


Figura 2.2.4.4 Mappe della sismicità in Spagna (IGN)

La metodologia seguita in Spagna consiste nell'acquisizione di informazioni storiche circa gli eventi che si sono verificati e le loro conseguenze, nel mettere in ordine tali informazioni e nel classificarle all'interno di una banca dati. Le informazioni acquisite vengono analizzate e le perdite degli anni più recenti vengono valutate parallelamente alla previsione di potenziali perdite nei decenni futuri.

Analisi dei rischi

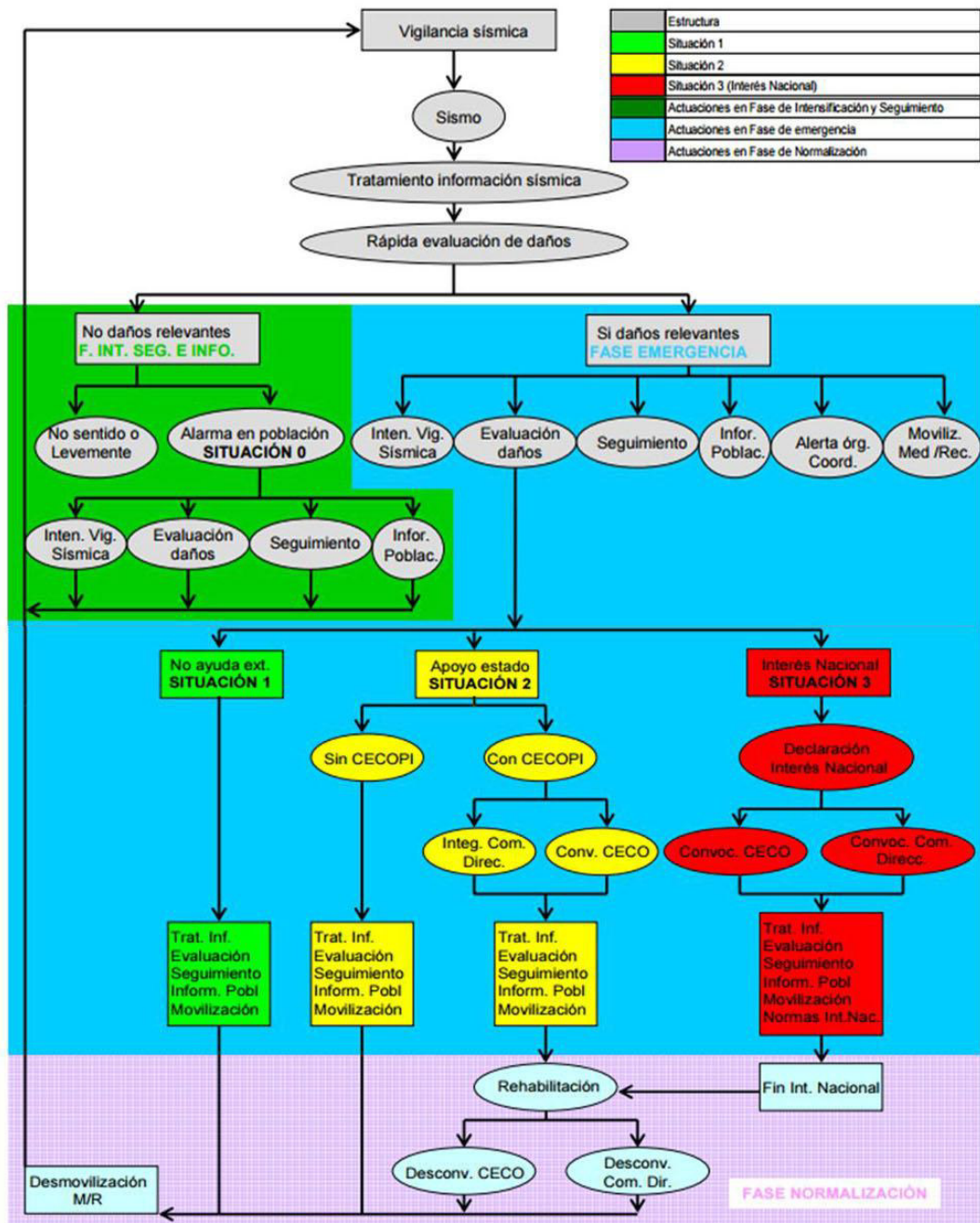
Nonostante la bassa probabilità, il rischio esiste, pertanto le conseguenze devono essere studiate ed analizzate al fine di poter adottare misure preventive. I danni causati da un terremoto dipendono da diversi aspetti:

- Magnitudo ed intensità.
- Distanza dall'epicentro.
- Profondità del fuoco o ipocentro.

- Natura del suolo attraversato dalle onde.
- Densità della popolazione.
- Tipo di costruzioni.



Figura 2.2.4.5 Rischio sismico (ciclo di ripetizione 500 anni) (IGN)



3. Prevenzione e Mitigazione

3.1 Piani di emergenza

Aspetti generali

La mitigazione esprime la riduzione o la limitazione degli impatti negativi dei pericoli e dei rischi ad essi correlati. Gli impatti negativi del pericolo di terremoto sono spesso difficilmente prevedibili, ma il loro grado di severità può essere significativamente ridotto mediante diverse strategie ed azioni. Le misure di mitigazione comprendono tecniche ingegneristiche e costruzione di strutture resistenti, oltre al miglioramento delle politiche ambientali e della sensibilizzazione pubblica (UNISDR 2009).

La prevenzione consiste nell'annullamento vero e proprio degli impatti negativi dei pericoli e dei rischi ad essi correlati. Più specificatamente, la prevenzione esprime il concetto e l'intenzione di annullare completamente gli impatti potenzialmente negativi attraverso azioni adottate in anticipo. Esempi comprendono piani regolatori che vietano l'insediamento nelle zone ad elevato rischio, progetti di ingegneria sismica che garantiscano la resistenza di edifici critici a qualunque fenomeno ed il mantenimento della loro funzionalità. Spesso un annullamento totale delle perdite non è perseguibile, per cui l'obiettivo diventa la loro mitigazione (UNISDR 2009).

Per questo motivo, i termini prevenzione e mitigazione, alcune volte, sono usati in modo intercambiabile nel linguaggio comune. Le calamità si verificano – i rischi non possono essere eliminati completamente. Tuttavia, la gestione dell'emergenza aiuta tutti a gestire le calamità. Le nazioni devono dare la priorità alle azioni di mitigazione e devono comprendere l'importanza della riduzione dei rischi che minacciano la sicurezza, resilienza e sostenibilità delle comunità. Le valutazioni di rischio, i piani di mitigazione, le norme edilizie per la costruzione di edifici resistenti ai rischi naturali, l'adeguamento sismico, i piani regolatori ed una serie di altre misure di mitigazione riducono l'impatto delle calamità. *“Attraverso la mitigazione supportiamo la prontezza, miglioriamo e velocizziamo la capacità di risposta e di ripresa, e riduciamo l'impatto finanziario delle calamità sulle singole persone, sugli affari, le comunità ed i governi” (FEMA 2011).*

Capacità primarie di mitigazione

Il Quadro di Mitigazione (Fig. 3.1) descrive ciascuna delle otto capacità primarie di mitigazione qui sotto elencate:

- **Identificazione del pericolo di terremoto.** Creare forme di collaborazione tra settori pubblici e privati, proteggendo gli interessi interni e condividendo le risorse ed i benefici della identificazione delle minacce e dei pericoli.
- **Valutazione del rischio di terremoto.** Eseguire valutazioni di rischio attendibili mediante l'impiego di tecniche di valutazione scientifiche riconosciute e largamente usate.
- **Pianificazione.** Utilizzare i dati emersi dalle valutazioni di rischio sismico e resilienza alle calamità per la pianificazione.
- **Resilienza delle comunità.** Riconoscere la natura interdipendente dell'economia, della salute e dei servizi sociali, delle abitazioni ed infrastrutture e delle risorse naturali e culturali delle comunità.
- **Informazione pubblica.** Ai fini della sensibilizzazione della popolazione, le Autorità Nazionali:

- forniscono linee guida in materia di sicurezza, gestione dell'emergenza e simulazione di terremoti;
 - organizzano e promuovono seminari di formazione e conferenze per insegnanti e personale di protezione civile, studenti, volontari, professionisti, persone disabili, personale alberghiero ecc.
 - pubblicano materiale informativo (opuscoli, poster, libri, CD-ROM, spot promozionali per la TV, siti Web)
 - organizzano esercitazioni sull'emergenza sismica nelle scuole e sui luoghi di lavoro.
- **Riduzione a lungo termine della vulnerabilità.** Adottare e migliorare le norme edilizie per garantire costruzioni più resilienti. Uno dei modi più efficaci per mitigare i danni da terremoto, da un punto di vista ingegneristico, è quello di progettare e costruire strutture capaci di resistere a forti movimenti sismici. Un miglioramento antisismico delle aree edificate, con conseguente mitigazione del rischio sismico, può essere ottenuto sia sostituendo gradualmente gli edifici sotto-strutturati (vecchi) con edifici antisismici, sia consolidando gli edifici esistenti. Il primo approccio, più naturale ma anche più lento, non porta a risultati eccezionali ma ha un costo relativamente basso. Il secondo permette di migliorare rapidamente le aree urbanizzate ma con costi enormi, spesso non sostenibili nemmeno nei paesi più sviluppati.
 - **Coordinazione operativa.** Capitalizzare le opportunità di mitigazione dopo calamità e incidenti.



Figura 3.1 Quadro Nazionale di Mitigazione (Homeland Security, Maggio 2013)

- **Monitoraggio e Sistemi di Allertamento Precoce.** L'espressione "allertamento precoce" è usata in molti campi per indicare la messa a disposizione di informazioni relative a situazioni di pericolo emergenti, nelle quali dette informazioni permettono di intraprendere azioni in grado di anticipare e ridurre i rischi. Sistemi di allertamento precoce esistono per pericoli naturali di natura geofisica o biologica, emergenze socio-politiche complesse, pericoli industriali, rischi legati alla salute e molti altri rischi correlati. Nella terminologia UN-ISDR corrente, l'allertamento precoce è definito come "la messa a disposizione tempestiva ed efficace di informazioni, da parte di istituzioni ben

identificate, che permettono alle persone esposte ad un rischio di adottare misure atte ad evitare o ridurre il proprio rischio personale e di predisporre una risposta adeguata " (ISDR 2004).

Per essere efficace e completo, un sistema di allertamento precoce deve comprendere quattro elementi interattivi (ISDR-PPEW 2005a), ossia: (i) la conoscenza del rischio, (ii) servizi di monitoraggio ed allertamento, (iii) divulgazione e comunicazione, (iv) capacità di risposta. Questa serie di quattro elementi presenta una sequenza logica, infatti ogni elemento è in relazione diretta ed interagisce con ciascuno degli altri elementi.

I sistemi di allertamento sismico precoce impiegano le scienze sismiche e le tecnologie dei sistemi di monitoraggio per allertare dispositivi e persone nel momento in cui si preveda che onde sismiche possano colpire il luogo monitorato. I secondi o minuti guadagnati con l'allertamento precoce permettono alla popolazione ed ai sistemi di intraprendere azioni atte a proteggere la vita e le proprietà dalle onde distruttive. Perfino alcuni secondi di pre-allertamento rendono possibili misure protettive:

- Pubbliche: i cittadini, compresi gli studenti possono accucciarsi, ripararsi, tenersi, spegnere i fornelli, arrestare i veicoli in sicurezza.
- Aziendali: il personale può muoversi verso luoghi sicuri, i sistemi automatizzati permettono l'apertura delle porte degli ascensori, l'interruzione delle linee di produzione e la messa in sicurezza delle attrezzature sensibili. Il personale può intraprendere azioni di autoprotezione.
- Sanitarie: chirurghi, dentisti ed altri sanitari possono interrompere le procedure delicate ed intraprendere azioni di autoprotezione.
- Di emergenza: i responsabili delle operazioni di emergenza possono predisporre i mezzi, prendere decisioni prioritarie ed intraprendere azioni di protezione.

Miglioramento della capacità antisismica delle strutture

Delle molte misure di mitigazione sismica oggi adottate, questa rimane la più elusiva, richiedendo attenzione costante. Infatti, ogni modifica o adattamento delle norme edilizie non può mai essere retroattiva. La maggior parte degli edifici più vecchi, costruiti negli anni, non rispetta gli standard antisismici attuali, il che li rende vulnerabili ai rischi sismici.

Negli anni è diventato chiaro che la maggior parte delle perdite di vite umane dovute all'attività sismica in tutto il mondo è dovuta al crollo di edifici vecchi. Tra le più vulnerabili si annoverano le strutture realizzate con: opere murarie non rinforzate; telai in cemento non duttile precedente al 1970; strutture in calcestruzzo precompresso; prefabbricati della fine degli anni '60. Solo negli ultimi due decenni ci si è occupati seriamente del problema della sicurezza sismica associata agli edifici più vecchi, cercando di codificare i pericoli, e solo di recente negli U.S.A. le previsioni NEHRP relative alle prestazioni antisismiche degli edifici esistenti sono state pubblicate su base nazionale.

La riabilitazione ed il miglioramento delle prestazioni antisismiche degli edifici esistenti è stata oggi riconosciuta come una delle aree di studio più critiche e di interesse comune, in cui architetti ed ingegneri edili hanno una grande responsabilità. La fattibilità economica di questi programmi retroattivi è basata sull'assunzione che sia possibile migliorare drasticamente la prestazione antisismica delle strutture a diversi livelli.

Negli ambienti tipicamente urbani di oggi, il problema principale della riabilitazione delle strutture è che la maggior parte degli edifici esistenti presenta un grande valore architettonico. Molte città presentano un patrimonio architettonico ineguagliabile che non è replicabile. Il processo di riabilitazione e rinnovamento deve tenere conto anche della complessità dei sistemi strutturali e dei modelli di comportamento meccanico dei materiali edili. Un grosso problema si ha quando il valore storico e architettonico degli edifici non è compatibile con gli interventi di consolidamento che non possono essere adeguatamente mascherati.

Utilizzo degli spazi urbani aperti

Questo è un campo critico nel processo di mitigazione dei rischi da calamità, che richiede ulteriori studi ed approfondimenti da parte di urbanisti ed architetti. Subito dopo un terremoto che arreca molti danni, regna una grande confusione, dato che vengono messe in azione tutte le forze necessarie per i processi di recupero post-sisma.

3.2 Sensibilizzazione

La chiave per ridurre le perdite umane, le lesioni a persone ed i danni da calamità naturali, sta nel diffondere la consapevolezza pubblica ed una corretta educazione. Le persone devono essere consapevoli di quello che potrebbero trovarsi ad affrontare all'interno delle proprie comunità a causa dei rischi naturali. Esse devono essere preparate su quali misure adottare prima di un evento, cosa fare durante un terremoto, alluvione, incendio, o altro evento simile, e quali azioni intraprendere immediatamente dopo.

Le autorità competenti in tutto il mondo devono:

- Organizzare seminari di formazione sulla protezione in caso di sisma, rivolti a insegnanti, volontari e tecnici.
- Tenere lezioni per il personale di protezione civile, volontari, studenti, personale aziendale, persone con disabilità, impiegati di alberghi, ecc.
- Pubblicare materiale informativo (opuscoli, poster, libri, CD-ROM, spot promozionali per la TV, siti Web) per diversi gruppi target (studenti, insegnanti, pubblico generico, turisti).
- Organizzare esercitazioni sull'emergenza sismica nelle scuole e nei luoghi di lavoro (Fig. 3.2).
- Fornire linee guida per la gestione dei rischi sismici a livello locale e regionale, per i piani di emergenza a per le esercitazioni sull'emergenza sismica.



Figura 3.2 Esercitazione sull'emergenza sismica a scuola (EPPO)

4. Preparazione

4.1 Linee guida per la protezione prima, durante e dopo il fenomeno

Dato che i terremoti colpiscono all'improvviso e senza segni premonitori, la preparazione è fondamentale per minimizzare i danni e le perdite. La sopravvivenza ad un terremoto e la riduzione del suo impatto, richiede preparazione, pianificazione e pratica. In realtà, quasi tutti i danni e le perdite da terremoto possono essere ridotti mediante misure che tutti dovrebbero applicare prima, durante e dopo un evento sismico.

“Le calamità possono essere sostanzialmente ridotte se le persone sono bene informate e motivate ad adottare una cultura di prevenzione delle calamità e di resilienza, che, a sua volta, richiede l'acquisizione, la raccolta e la diffusione di conoscenze ed informazioni rilevanti circa i pericoli, la vulnerabilità e la capacità di risposta” (UN/ISDR, 2005).

Misure tipiche di preparazione includono lo sviluppo di accordi di mutuo soccorso e protocolli d'intesa, momenti di formazione sia per il personale operativo sia per i cittadini, esercitazioni di risposta all'emergenza atte a rafforzare la formazione, test di prontezza e campagne educative per tutti i tipi di pericolo (Fig. 4.1.). Diversamente dalle attività di mitigazione, volte a prevenire una calamità, la preparazione individuale è mirata alla predisposizione di equipaggiamento e procedure da impiegare in caso di calamità, ovvero è mirata alla programmazione. Le misure di protezione antisismica includono anche le azioni di Accucciarsi-Ripararsi-Tenersi.



Figura 4.1 Poster raffigurante misure di prontezza (EPPO)

4.2 Linee guida per la pianificazione di emergenza

Ciclo di preparazione

“Una nazione sicura e resiliente, in cui ogni comunità possiede le capacità necessarie per prevenire, proteggersi da, mitigare, rispondere a, e recuperare da minacce e pericoli rappresentati dai maggiori rischi.” (Dipartimento di Sicurezza Nazionale degli U.S.A, 2011). La preparazione comprende tutte le attività preventive in grado di sviluppare e mantenere una capacità di risposta rapida ed efficace in caso di emergenza e calamità (FEMA, 2015).

La preparazione può essere definita come *“un ciclo continuo di pianificazione, organizzazione, formazione, equipaggiamento, esercitazione, valutazione e applicazione di azioni correttive, nello sforzo di assicurare una coordinazione efficace durante la risposta alle calamità”* (Fig. 4.2). Questo “ciclo di preparazione” è uno degli elementi di un più ampio Sistema di Preparazione per prevenire, mitigare, rispondere a e recuperare dalle calamità naturali, dagli atti di terrorismo e da altri disastri causati dall’uomo (Dipartimento di Sicurezza Nazionale degli U.S.A, 2011).

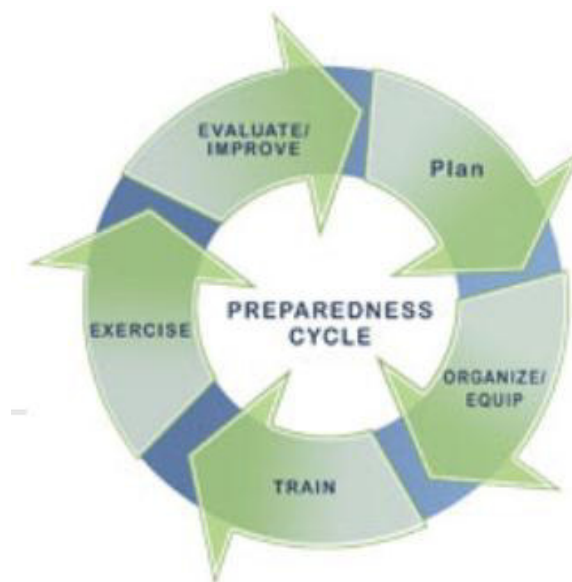


Figura 4.2 Componenti del Ciclo di Preparazione
(Dipartimento di Sicurezza Nazionale degli U.S.A, 2011)

Più specificatamente:

- a. La pianificazione permette di gestire l'intero ciclo di una potenziale crisi. La pianificazione strategica e operativa definisce delle priorità, identifica i livelli di prestazione attesi ed i requisiti di capacità, determina lo standard per le capacità di valutazione ed aiuta gli stakeholder ad imparare il proprio ruolo.
- b. L'organizzazione e l'equipaggiamento forniscono il materiale umano e tecnico necessario per costruire capacità e rispondere ai requisiti di modernizzazione e sostenibilità. L'organizzazione e l'equipaggiamento includono l'identificazione delle competenze e delle abilità che le persone devono possedere e la garanzia che l'organizzazione possa avvalersi del personale corretto. Inoltre, includono l'identificazione e l'acquisizione dell'equipaggiamento standard e/o speciale di cui l'organizzazione può avere bisogno nel mettere in campo una determinata capacità.

c. L'esercitazione permette alle organizzazioni di identificare i punti di forza e di includerli tra le buone pratiche per sostenere e migliorare le capacità esistenti. Essa, inoltre, fornisce una valutazione oggettiva delle lacune e dei punti deboli nei piani, nelle politiche e nelle procedure, al fine di poter apportare i miglioramenti necessari prima che una calamità si verifichi realmente. Le esercitazioni aiutano a chiarire i ruoli e le responsabilità delle varie organizzazioni, a migliorare la coordinazione e la comunicazione tra le organizzazioni, nonché ad identificare le risorse necessarie e le opportunità di miglioramento.

L'obiettivo generale di un piano d'emergenza

Un piano d'emergenza specifica le procedure per gestire situazioni improvvise o inaspettate. L'obiettivo è quello di essere preparati a:

- Prevenire incidenti mortali e lesioni a persone.
- Ridurre i danni agli edifici, alle scorte ed agli equipaggiamenti.
- Proteggere l'ambiente e le comunità.
- Accelerare il ripristino delle operazioni normali.

Lo sviluppo di un piano inizia con una valutazione di vulnerabilità. I risultati dello studio devono indicare:

- Quanto è probabile che una situazione si verifichi e quali sono i suoi effetti.
- Quali sono i mezzi a disposizione per fermare o prevenire la situazione.
- Cosa è necessario per una determinata situazione.

Da questa analisi è possibile definire delle procedure di emergenza appropriate.

È importante che allo stato di pianificazione venga chiesta la partecipazione di diversi gruppi. Tra questi, i gruppi responsabili della salute e della sicurezza possono dare dei validi input. Anche il coinvolgimento di determinati rappresentanti comunali è importante, in quanto gli organi amministrativi locali possono essere coinvolti nelle grandi emergenze, garantendo maggiori risorse. La comunicazione, la formazione e le esercitazioni periodiche assicurano una prestazione adeguata nel caso in cui il piano debba essere messo in azione.

Il piano di emergenza include:

- Tutte le possibili emergenze, conseguenze, azioni richieste, procedure scritte e risorse disponibili.
- Un elenco dettagliato del personale con i recapiti privati diretti, le abilità, le competenze e le responsabilità.
- Planimetrie.
- Mappe in grande scala riportanti le rotte di evacuazione e le condutture di servizio (come le tubature di gas e acqua).

4.3 Linee guida per la pianificazione di emergenza delle famiglie

Chi vive in zone a rischio sismico può intraprendere delle azioni che possono ridurre il rischio che lui, o altri membri della sua famiglia, rimangano feriti, che la sua proprietà sia danneggiata o che la sua vita quotidiana sia eccessivamente alterata. Queste azioni ricadono tutte sotto il termine "preparazione" in quanto, per essere efficaci, devono essere fatte prima che il terremoto si verifichi.

La preparazione ai terremoti comporta: a. imparare cosa bisogna fare prima, durante e dopo un terremoto; b. intraprendere o predisporre queste azioni ora, prima del prossimo terremoto.

Prima di un terremoto

I membri di ciascuna famiglia possono adottare diverse misure per proteggersi e proteggere le loro proprietà in caso di terremoto, come:

- Essere informati sul fenomeno sismico e sul piano comunale.
- Sviluppare procedure di emergenza familiare e creare un piano per riunire i membri della famiglia in un luogo aperto e sicuro nelle vicinanze (Fig. 4.3).
- Organizzare una Rete Personale di Sostegno nel caso vi sia un membro della famiglia con delle disabilità.
- Identificare dei luoghi sicuri in ciascuna stanza.
- Preparare un kit di emergenza con i beni di prima necessità in caso di terremoto e stilare un elenco di numeri di emergenza (www.oasp.gr, www.fema.gov).
- Identificare e ridurre i pericoli non strutturali. I contenuti degli edifici devono essere disposti in maniera da non costituire un pericolo per la vita e le proprietà. Tutti gli oggetti pesanti che possono causare lesioni o oggetti fragili e/o costosi che possono costituire una perdita significativa se cadono, devono essere ancorati o messi in sicurezza (fissate bene le mensole e gli specchi alle pareti, disponete gli oggetti pesanti sui ripiani inferiori, ecc.).
- Assicuratevi di saper chiudere il gas, l'acqua e l'elettricità in caso di danno alle linee di alimentazione.
- Fate delle esercitazioni con tutti i membri della famiglia, seguendo le linee guida "Accucciarsi, ripararsi, tenersi".

Discuss with your family and select the nearest, open, safe place to meet after an earthquake.



Figura 4.3 Sviluppare procedure di emergenza familiare e creare un piano per riunire i membri della famiglia in un luogo aperto sicuro nelle vicinanze (EPPO 2013)

Durante un terremoto

Se ci si trova in ambiente interno, tutti i membri della famiglia devono:

- **Rimanere all'interno e mantenere la calma fino a quando i movimenti sismici si fermano.** Non abbandonare un edificio durante le scosse sismiche. La maggior parte degli incidenti si verifica quando le persone all'interno degli edifici cercano di spostarsi in una posizione diversa all'interno degli stessi o cercano di abbandonarli.
- **Accucciarsi a terra, ripararsi sotto un banco o un tavolo e tenersi fino a che le scosse finiscono** (Fig. 4.4). Se non vi è alcuna copertura adeguata, accucciarsi e proteggere la testa e la nuca con le braccia (Fig. 4.5).
- Tenersi lontani da vetro, finestre e qualunque oggetto che possa cadere, come lampadari o mobili.
- **Non fermarsi nei passaggi tra una stanza e l'altra.** Negli edifici in cemento armato i passaggi non sono più resistenti delle altre parti dell'edificio. Sostare nei passaggi solo nelle case in mattoni.

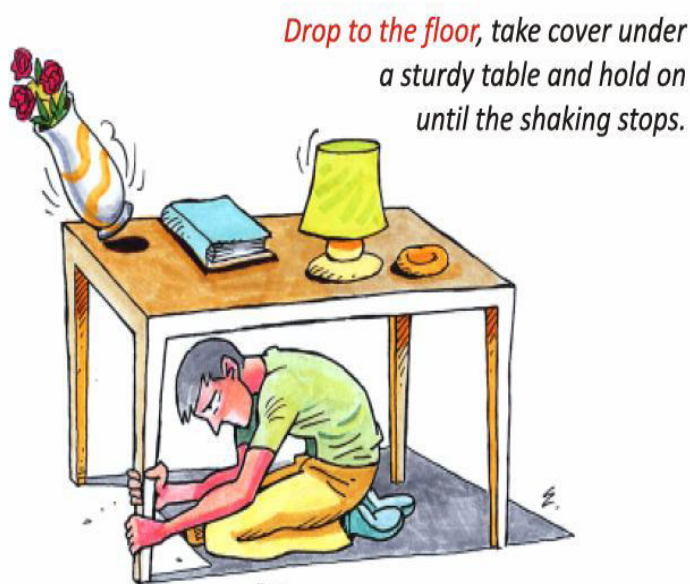


Figura 4.4 Accucciarsi a terra, ripararsi sotto un banco o un tavolo e tenersi fino a che le scosse finiscono (EPPO 2013)

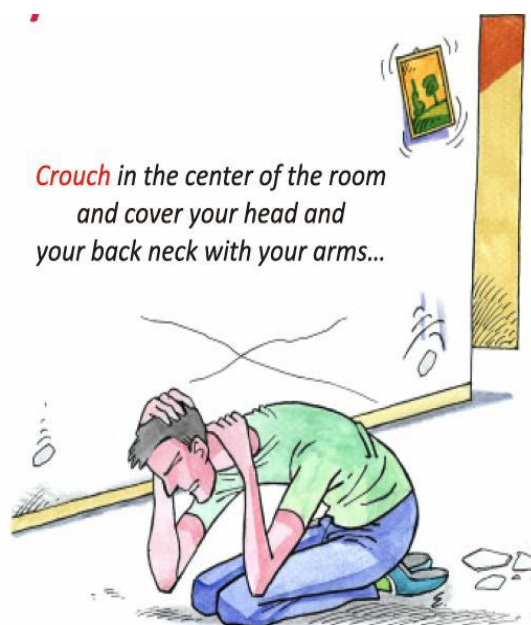


Figure 4.5 Se non vi è alcuna copertura adeguata, accucciarsi e proteggere la testa e la nuca con le braccia (EPPO 2013)

Le persone in sedia a rotelle devono inserire il freno, piegare il busto il più possibile sulle ginocchia e proteggere la testa e la nuca con le braccia.

Chi si trova in ambiente esterno non deve entrare per alcun motivo in un edificio e deve restare lontano dalle facciate degli edifici, dai cavi elettrici, da muri esterni, ecc.

Chi si trova all'interno di un veicolo deve arrestarlo in sicurezza il più velocemente possibile, cercando di non fermarsi vicino a edifici, alberi, cavi elettrici, ecc.

Dopo un terremoto

Dopo che le scosse sismiche sono finite, tutti i membri della famiglia devono:

- Fornire una prima assistenza e richiedere l'assistenza medica, se necessaria.
- Chiudere il rubinetto dell'acqua e scollegare la rete elettrica per evitare ulteriori danni.
- Spegnerne eventuali piccoli incendi e comunicare eventuali incendi maggiori.
- Indossare scarpe e indumenti adeguati.
- Evacuare l'abitazione senza usare l'ascensore.
- Recarsi in un'area aperta e sicura predefinita e stare alla larga dalle aree danneggiate (Fig. 4.6). Evitare aree costiere per il pericolo di tsunami.
- Tenere presente che le scosse di assestamento possono verificarsi in ogni momento, aggravando il pericolo. Anche in caso di scosse di assestamento, accucciarsi e ripararsi immediatamente e tenersi.
- Seguire le linee guida delle autorità competenti. Usare il telefono solo per le emergenze.

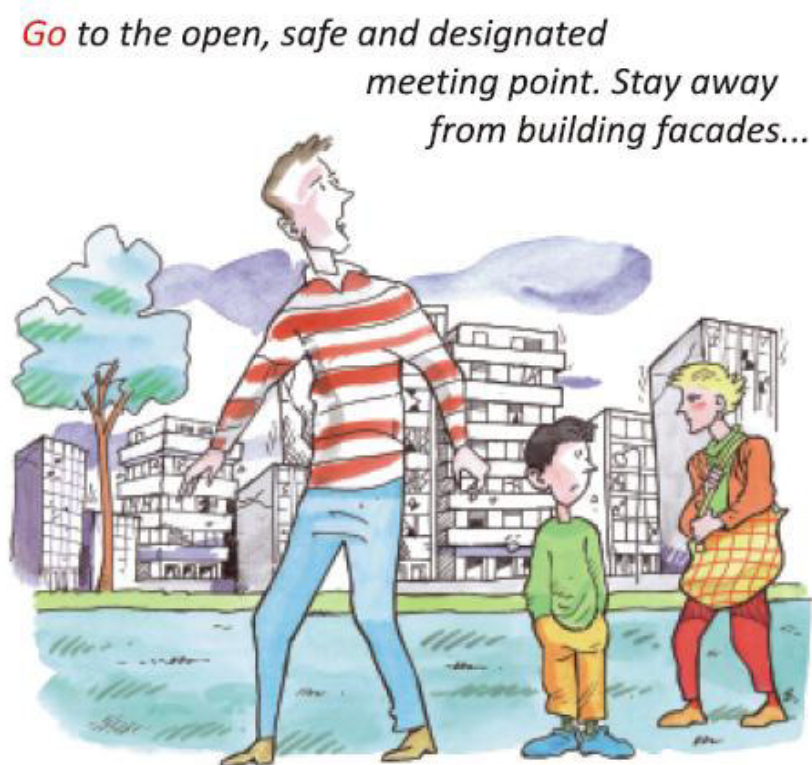


Figura 4.6 Recarsi in un'area aperta e sicura predefinita e stare alla larga dalle aree danneggiate (EPPO 2013)

4.4 Linee guida per la pianificazione di emergenza nelle scuole, nei luoghi di lavoro, ecc.

Sicurezza sismica a scuola

La preparazione scolastica ad un forte evento sismico richiede la partecipazione di dirigenti, insegnanti, studenti e genitori, nonché di coloro che progettano, costruiscono, regolano e mantengono gli edifici scolastici (Fig. 4.7).



Figura 4.7 Preparazione di studenti su temi di protezione da sisma (EPPO)

Prima di un terremoto

Ciascuna scuola è responsabile di:

- Preparare gli studenti ed il personale scolastico a reagire in sicurezza. Tutti coloro che frequentano o lavorano in una scuola devono imparare "Cosa fare durante un terremoto", come prepararsi ad una scossa sismica, come rimanere a scuola al sicuro durante e dopo un terremoto e come gestire gli impatti psicologici di un terremoto.
- Sviluppare ed aggiornare il Piano di Emergenza Scolastica in caso di Terremoto. Questo Piano, per essere operativo, deve essere chiaro e semplice e deve contenere la descrizione delle procedure e delle azioni da intraprendere prima, durante e dopo un terremoto.
- Organizzare esercitazioni antisismiche al fine di dare agli studenti ed al personale l'opportunità di mettere in pratica ciò che hanno imparato e di prepararsi a reagire con spontaneità e sicurezza fin dalla prima scossa.

Durante il terremoto

Quando le scosse si manifestano, il personale scolastico e gli studenti devono applicare immediatamente quanto hanno imparato su "Cosa fare durante un terremoto". Una reazione pronta e sicura riduce il rischio di lesione. Più specificatamente:

- se si trovano all'interno dell'edificio, gli studenti e gli insegnanti devono:

- Rimanere calmi, non correre e rimanere all'interno.
- Accucciarsi, Ripararsi e Tenersi. Se gli studenti si trovano all'interno di un'aula, devono **accucciarsi** a terra, **ripararsi** sotto i banchi, e **tenersi** saldamente. Se gli studenti si trovano nei corridoi o in altre aree dell'edificio scolastico, devono accucciarsi a terra, coprirsi e proteggersi la testa e la nuca con le braccia, fino a quando le scosse finiscono.
- I bambini disabili dovrebbero coprirsi la testa e la nuca con le braccia. Se utilizzano una sedia a rotelle, è necessario inserire il freno ed aiutarli a coprirsi la testa e la nuca con le braccia.

- Se si trovano all'esterno, gli studenti devono rimanere lontano da edifici, linee elettriche, cartelli ed altri pericoli, e seguire gli ordini impartiti dal Dirigente Scolastico o dagli insegnanti.

Dopo il terremoto

Una volta terminate le scosse, le scuole devono essere preparate ad applicare le misure di risposta specifiche per i sismi, seguendo i piani di emergenza. Gli studenti ed il personale devono tenere a mente che le scosse di assestamento possono verificarsi in ogni momento, aggravando il pericolo creato dalle scosse precedenti, e richiedendo nuovamente che tutti si accuccino, riparino e tengano. Quando le scosse terminano, gli studenti devono essere radunati nel cortile o in un'altra area sicura all'esterno, secondo il piano di emergenza scolastica, rimanendo calmi e lontani da edifici, in attesa di ulteriori informazioni da parte delle autorità competenti.

Sicurezza antisismica per le comunità

La risposta alle calamità e la pianificazione contingente porta ad una prontezza organizzativa in gradi di anticipare l'emergenza. Ciò include la gestione delle risorse umane e finanziarie, la disponibilità di scorte di emergenza e le procedure di comunicazione.

Le comunità che redigono piani di emergenza da calamità in anticipo rispetto al verificarsi dell'evento calamitoso, sono in grado di rispondere in maniera più rapida ed organizzata al momento del verificarsi dell'evento. Un piano comunitario efficace di gestione dell'emergenza deve basarsi su quanto segue:

- Stabilire i rischi ed i pericoli a quali la comunità è soggetta.
- Determinare le capacità e le possibilità attuali.
- Identificare e nominare i team di gestione dell'emergenza in termini di preparazione e risposta.
- Sviluppare piani di prontezza e risposta considerando le popolazioni vulnerabili, redigere piani di comunicazione, salute fisica, salute mentale, ecc.
- Informare la popolazione ed i gruppi target.
- Organizzare e partecipare in maniera collaborativa a formazione ed esercitazione.
- Valutare e migliorare il piano integrato comunitario.

5. Risposta

5.1 Prime azioni di risposta

Aspetti generali

La risposta esprime la capacità di disporre servizi di emergenza ed assistenza pubblica durante o immediatamente dopo un evento calamitoso, al fine di salvare vite umane, ridurre gli impatti sulla salute, assicurare la sicurezza pubblica e soddisfare le necessità fondamentali di sussistenza delle persone colpite (UNISDR 2009).

Risposta contro Recupero: una distinzione critica

La risposta alle calamità è rivolta principalmente ai bisogni immediati e a breve termine, per questo si parla anche di “aiuti d'emergenza”. Il confine tra questa fase di risposta e la successiva fase di recupero non è netto. Alcune azioni di risposta, come l'assegnazione di alloggi temporanei e la fornitura d'acqua, potrebbero dover essere estese anche alla fase di recupero (UNISDR 2009).

Il tipo di assistenza necessaria in caso di emergenza dipende molto dagli obiettivi immediati della popolazione colpita. I loro bisogni immediati, durante o subito dopo l'evento calamitoso, sono cibo, soccorso, comunicazioni, ecc. Quando il pericolo diretto della calamità è passato, una delle priorità è la ricostruzione. Pertanto, le agenzie di soccorso fanno una distinzione tra Risposta e Recupero.

La risposta inizia appena una calamità viene rilevata o minaccia di mettere in pericolo una determinata area. La risposta richiede la mobilitazione ed il posizionamento di attrezzature di emergenza; l'evacuazione delle persone dalle zone pericolose; la fornitura di cibo, acqua, riparo e assistenza medica; il ripristino dei servizi e sistemi di comunicazione vitale danneggiati. Durante la risposta entrano in azione anche gli enti locali, le agenzie governative e le organizzazioni private.

Attività di risposta in caso di terremoto

Le attività di risposta agli eventi calamitosi sono volte a proteggere le vite umane e le proprietà ed a controllare i rischi secondari (ad es. incendi indotti da terremoti, contaminazioni da sostanze pericolose). Queste azioni hanno inizio con lo stato di allerta di possibile evento calamitoso o con il verificarsi dell'evento se questo si verifica senza possibilità di preavviso (ad es. i terremoti non sono prevedibili).

Le attività di risposta in caso di calamità includono:

Informazioni iniziali

Una valutazione accurata della situazione e la definizione di un ordine di priorità di intervento, sono sicuramente due aspetti di primaria importanza quando ci si trova di fronte ad una comunità colpita, immediatamente dopo il verificarsi di un evento calamitoso (MCEER, 2000).

La stima dei danni e degli effetti collaterali è molto difficile, in quanto i terremoti tendono ad interessare un'area vasta, anche in caso di evento moderato. Inoltre, i terremoti colpiscono sia sopra la superficie terrestre sia sotto, andando a compromettere mezzi di sussistenza, utenze sotterranee e sistemi di comunicazione vitale.

Una stima rapida e affidabile della situazione nell'immediato post-terremoto è di vitale importanza per l'effettiva mobilitazione delle forze di protezione civile e per il controllo e la repressione degli effetti collaterali.

Operazioni di ricerca e soccorso

Con il termine di Ricerca e Soccorso (SAR) si intende il processo di localizzazione di eventuali vittime del disastro che possono essere rimaste intrappolate o isolate, il loro soccorso e l'assistenza medica. Le operazioni di ricerca e soccorso iniziano non appena si hanno informazioni relative a persone intrappolate in edifici parzialmente o totalmente crollati.

L'International Search and Rescue Advisory Group (INSARAG) è una rete globale di cui fanno parte più di 80 stati ed organizzazioni sotto le Nazioni Unite. INSARAG si occupa di problemi legati alla ricerca ed al soccorso in ambiente urbano (USAR), con lo scopo di definire degli standard minimi internazionali per le squadre USAR ed una metodologia per la coordinazione internazionale della risposta agli eventi sismici, basata sulle Linee Guida INSARAG, sostenute dalla Risoluzione dell'Assemblea Generale delle Nazioni Unite 57/150 del 2002 su "Strengthening the Effectiveness and Coordination of International Urban Search and Rescue Assistance".

Aiuti d'emergenza

Per aiuti d'emergenza si intendono gli aiuti materiali, su base umanitaria, e le cure mediche di emergenza necessarie per salvare e preservare vite umane. Inoltre gli aiuti permettono alle famiglie di disporre di cure mediche di base, riparo, vestiti, acqua e cibo (inclusi i mezzi necessari per la sua preparazione). Gli aiuti ed i servizi sono garantiti nei giorni e nelle settimane immediatamente successivi ad un evento calamitoso improvviso.

L'organizzazione degli aiuti d'emergenza è cruciale per gestire le donazioni e gli approvvigionamenti, lo stoccaggio, l'invio e la distribuzione degli aiuti materiali alle vittime dei disastri.

Evacuazione/migrazione

L'evacuazione consiste nella movimentazione della popolazione verso luoghi più sicuri nel caso in cui le strutture siano danneggiate.

Ripristino d'emergenza dei servizi essenziali – Altre operazioni tecniche d'emergenza

Il mantenimento in funzione dei servizi critici (come ospedali, centri di emergenza, impianti di trattamento dell'acqua, torri di controllo aereo, ecc.) ed il ripristino dei sistemi di comunicazione vitale sono essenziali.

Altri interventi tecnici dopo un terremoto sono: rimozione o demolizione di parti o elementi pericolosi di edifici, demolizione di edifici tanto danneggiati da non poter essere recuperati, sostegno d'emergenza ad alcuni edifici danneggiati, scollegamento di linee elettriche, interruzione della fornitura di acqua e gas, se necessario, applicazione di tutte le misure di sicurezza necessarie, come transenne e avvisi di pericolo (Fig. 5.1).



Figura 5.1 *Terremoto di Atene 1999 (EPPO, 2000)*

Gestione della comunicazione e dell'informazione

Tutte le attività sopra descritte dipendono dalla comunicazione. Vi sono due aspetti chiave relativi alle comunicazioni durante e dopo una calamità:

- le attrezzature essenziali per il trasferimento delle informazioni, come: radio, telefoni, ed i relativi sistemi di supporto.
- la gestione delle informazioni che consiste in un protocollo che definisce chi comunica, quali informazioni a chi, con quale priorità e come le informazioni devono essere divulgate e interpretate.

Supporto psicologico alle popolazioni colpite

Le vittime di terremoti devastanti sono sottoposte ad uno stress fisico e mentale. Esse devono adattarsi ad un ambiente naturale notevolmente modificato ed affrontare lo stress psicologico causato dalla perdita di proprietà, da eventuali lesioni e dalla potenziale perdita di vite umane nel loro ambiente. Allo stesso tempo, le vittime sono costrette a vivere in una situazione di costante vigilanza e paura di scosse di assestamento, per un periodo piuttosto lungo (Fig. 5.2).

Durante il primo periodo dopo un sisma, gli sforzi sono concentrati sulle necessità e sul recupero e la convalescenza individuale, della famiglia e della società in generale. I professionisti che offrono supporto psicologico mirano a ripristinare l'equilibrio mentale delle vittime e dei soccorritori riportandoli allo stato precedente all'evento.

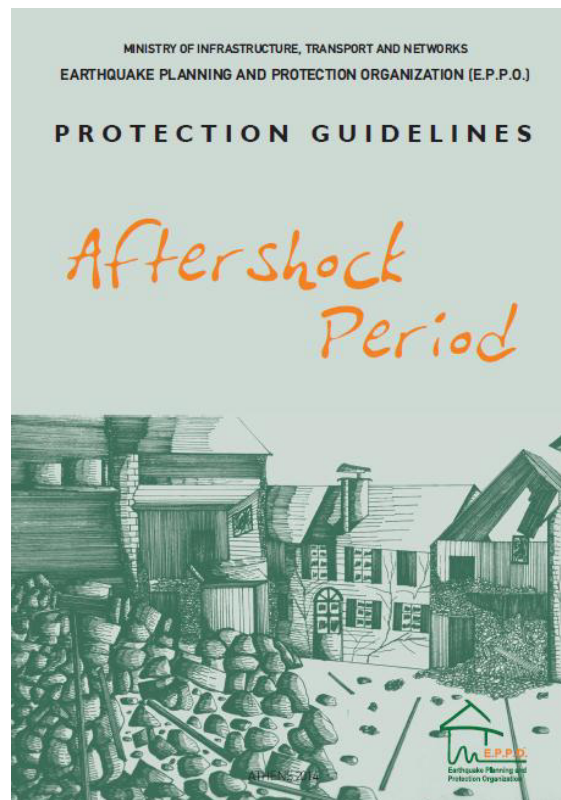


Figura 5.2 Linee guida da seguire nel periodo di assestamento (EPPO)

5.2 Valutazione a posteriori dei danni agli edifici ed alle infrastrutture

Dopo un terremoto viene effettuata un'ispezione di emergenza dello stato degli edifici e delle infrastrutture. Gli edifici vengono ispezionati per essere classificati in categorie di agibilità. Gli obiettivi delle ispezioni sono:

- L'identificazione più rapida possibile di tutti gli edifici sicuri da poter occupare e usare (Fig. 5.3).
- La valutazione di eventuali pericoli immediati di crollo.
- La definizione delle misure di sicurezza per la protezione degli occupanti o del pubblico.
- L'identificazione più rapida possibile degli edifici non agibili, al fine anche di definire il numero degli stessi ed il numero delle persone che hanno perso la propria casa.
- La presentazione di un quadro affidabile dei danni agli edifici della zona per permettere alle autorità di adottare misure di aiuto.
- Il supporto a studi scientifici futuri sulla vulnerabilità e la risposta degli edifici. Questi studi possono portare alla rivalutazione dei codici e delle pratiche edilizie in uso.
- L'identificazione delle cause più frequenti di danno da poter considerare ai fini dei piani di riabilitazione.

Per avere successo, un'operazione deve essere: ben organizzata e produrre, in breve tempo, dati relativi ai danni che siano uniformemente affidabili. Dipendendo dalla sequenza di assestamento, l'operazione può iniziare subito o dopo che i sismologi hanno dichiarato che il pericolo maggiore è scongiurato.



Figura 5.3 Edificio danneggiato durante il terremoto di Cefalonia in Grecia del 2014 (EPPO)

5.3 Alloggi provvisori

A sostegno della popolazione colpita da terremoto vengono adottate diverse misure, tra le quali le più importanti sono: sistemazione in tende, navi o alberghi (Fig. 5.4). Per offrire una sistemazione immediata alle vittime di terremoto, i ministeri responsabili (ad es. il Ministero della Salute ed il Ministero della Difesa) possono mettere a disposizione delle tende e le persone rimaste senza casa possono essere trasferite negli alberghi.

Anche le compagnie di fornitura di energia elettrica e le compagnie telefoniche sono chiamate ad intervenire per portare l'energia elettrica (reti, sottostazioni e fornitura) nei campi tenda e nei container o nelle case prefabbricate allestite per accogliere le vittime.



Figura 5.4 Alloggi temporanei (EPPO)

5.4 Aiuti finanziari ed altri benefit

Dopo un terremoto il governo può annunciare misure di assistenza finanziaria alle popolazioni colpite, quali:

- Aiuti finanziari speciali, come assistenza temporanea per le prime settimane dopo il disastro alle persone dichiarate rimaste senza casa dopo la prima rapida ispezione degli edifici.
- Aiuti finanziari speciali ai pensionati ed ai disoccupati nelle aree colpite dal terremoto.
- Aiuti finanziari speciali a tutte le famiglie che hanno subito perdite di vite umane o lesioni permanenti o che vivono in edifici crollati.
- Riduzioni o sospensioni di tasse allo stato ed ai fondi sanitari. Lo stato può posticipare il pagamento delle tasse da parte delle vittime di terremoto per un certo periodo di tempo (ad es. da sei mesi a due anni).

6. Recupero

6.1 Accoglienza ed alloggiamento provvisori

Il recupero è quella fase della gestione di un terremoto che ha come obiettivo il ripristino del normale regime sociale ed economico delle comunità colpite dal disastro. Non consiste solo nel restauro o nella sostituzione fisica delle infrastrutture danneggiate durante il sisma, ma anche nella ricostruzione della forza economica e della stabilità sociale della comunità attraverso programmi finanziari e piani regolatori adeguati. Le attività di recupero consistono in azioni volte a tornare ai livelli di attività e produttività in essere prima del terremoto (o, idealmente, a superarli) (Quarantelli, 1999).

Tali azioni includono il ripristino, il restauro e la ricostruzione delle linee di comunicazione vitali e degli edifici, l'adozione di misure per superare la regressione economica indotta dal sisma, l'assistenza finanziaria per compensare le perdite. Il periodo di recupero è il tempo in cui vengono prese le decisioni in merito all'adozione di nuove misure di mitigazione con l'obiettivo a lungo termine di migliorare la resistenza sismica dell'ambiente edificato. Se applicate correttamente, le strategie di recupero possono contenere le perdite indirette ed indotte dai sismi, abbreviare i periodi di recupero delle unità sociali colpite ed evitare perdite future grazie al miglioramento della mitigazione.

Una volta il recupero era visto come un fenomeno lineare, con fasi ben distinte e prodotti finali. Oggi, invece, viene visto come un processo che comporta una interazione ed un rapporto decisionale tra tutti gli stakeholder, come i proprietari di case, le aziende e la comunità nel senso più ampio.

Dopo un terremoto, il supporto per l'insediamento transitorio e la ricostruzione rappresentano la priorità assoluta delle persone colpite. L'alloggiamento è critico per la sopravvivenza. Dalla fase di emergenza alla messa in atto di soluzioni durature è necessario garantire sicurezza e protezione. La protezione dalle intemperie salvaguarda anche la salute. L'alloggiamento e l'insediamento delle popolazioni sfollate sostengono la dignità umana e la vita della famiglia e della comunità, ottimizzando le strategie di risposta dei singoli comuni (UNDRO, 1982).

L'alloggiamento provvisorio rappresenta un tema cruciale ma controverso del recupero da calamità. Le famiglie colpite da un evento calamitoso, che hanno perso la propria casa, necessitano di un luogo privato e sicuro dove poter riprendere, al più presto, le proprie attività quotidiane, ma i programmi di alloggiamento provvisorio tendono ad essere estremamente costosi e creano impatti indesiderati sull'ambiente urbano.

Tuttavia, vista la frequenza d'uso su vasta scala, l'alloggiamento provvisorio dopo i terremoti, può essere essenziale ai fini di un rapido recupero della popolazione, garantendo più tempo per una ricostruzione sicura. Idealmente, dopo una calamità, l'alloggiamento provvisorio dovrebbe essere immediatamente disponibile, offrendo un livello di comfort coerente con lo standard di vita prevalente, ad un costo proporzionale alla durata d'uso prevista. Una volta che non sono più necessari, i moduli abitativi devono essere facili da rimuovere o trasformare. In realtà, però i campi di alloggiamento provvisorio possono diventare un problema ambientale ed un covo di disfunzione sociale (Johnson, 2007).

Dopo terremoti seri, le famiglie possono essere temporaneamente alloggiate in case già esistenti ma vacanti o possono anche essere in grado di trovare una soluzione autonomamente. Tuttavia, molte situazioni calamitose danno origine ad una crisi abitativa che obbliga le autorità a fornire unità abitative provvisorie. Per avere successo, in termini di recupero, di rapporto costo-efficacia e di considerazioni ambientali, i programmi di alloggiamento provvisorio devono comprendere fattori esistenti in un ambiente più esteso, come gli standard di vita locali, le industrie locali, le politiche locali ed i programmi di

ricostruzione definitiva. L'alloggiamento provvisorio permette di ritornare alle normali attività quotidiane (andare a scuola e al lavoro, preparare il cibo, fare la spesa, ecc.), in una sistemazione temporanea.

L'alloggiamento provvisorio può assumere forme fisiche diverse. Nella sua forma più semplice consiste nell'affitto di appartamenti. Là dove vi sono appartamenti vacanti disponibili nell'area colpita, le famiglie ricevono spesso dei sussidi dal governo. Inoltre, molte persone possono andare a stare da parenti nelle vicinanze o in seconde case. Se queste opzioni non sono sufficienti, lo stato deve costruire o fornire alloggi provvisori (Fig. 6.1).

Dopo il terremoto del 1999 ad Atene, in Grecia, le persone sfollate hanno adottato tutte e tre le soluzioni sopra descritte. La maggior parte delle persone colpite ha preferito trasferirsi in alloggi-container provvisori (Fig. 6.2). Molte delle famiglie rimaste senza casa si sono trovate escluse dal mercato delle locazioni per via del notevole aumento degli affitti dopo il sisma. Inoltre, le famiglie meno abbienti, nonostante i sussidi, non avevano mezzi economici sufficienti per provvedere alle riparazioni (Pomonis, 2002). Nella regione Attica sono state installate 5.736 case prefabbricate, suddivise in 112 insediamenti organizzati in 32 comuni, per l'alloggiamento provvisorio delle famiglie colpite dal sisma che avevano perso la casa. Circa 30.000 famiglie hanno optato per il sussidio di affitto (EPPO, 2014).



Figura 6.1 Alloggiamento provvisorio in Giappone dopo il terremoto del 1995 a Kobe (Comerio, 1998)



Figura 6.2 Insediamento provvisorio nella regione Attica (ECPFE, 2000)

Un aspetto estremamente importante dell'alloggiamento provvisorio è la definizione della durata di utilizzo degli alloggi e di un efficace piano di utilizzo a lungo termine delle unità abitative. La durata di utilizzo dipende dal tempo necessario per la ricostruzione permanente.

Spesso gli alloggi provvisori vengono usati più a lungo di quanto definito originariamente, andando a modificare la forma della città e della regione. Via via che il tempo passa, gli alloggi provvisori acquisiscono caratteristiche tipiche delle abitazioni permanenti. Per questo, le istanze decisionali devono considerare gli sviluppi a lungo termine quando pianificano degli alloggiamenti provvisori a breve o medio termine.

6.2 Ripristino degli spazi nelle aree colpite

Ancora oggi, come storicamente, quando una comunità viene colpita da una calamità, si spera in un rapido ritorno allo stato originale. Tuttavia, negli ultimi decenni si è compreso che la semplice ricostruzione per riportare le comunità allo stato in cui si trovavano prima della calamità, ricrea, in definitiva, le stesse vulnerabilità, esponendo le comunità agli stessi rischi in caso di eventi calamitosi futuri. Negli anni ha preso piede la consapevolezza che la ricostruzione dopo una calamità rappresenta un'opportunità per "ricostruire meglio" (UNDRR, 2015).

L'approccio del "ricostruiamo meglio" porta a ridurre la vulnerabilità delle comunità colpite ad eventi successivi, migliorandone la capacità di risposta. Il Quadro di Azione Hyogo prevede "l'inclusione delle misure di riduzione dei rischi da calamità nei processi di recupero e riabilitazione post-disastro, cogliendo l'opportunità di sviluppare capacità atte a ridurre il rischio di calamità a lungo termine durante la fase di recupero".

I teatri dello sviluppo urbano e della gestione delle calamità si trova ad un bivio critico in tutto il mondo, dato che il volume dei danni causati dalle calamità naturali alle comunità urbane e rurali sta aumentando. Il ruolo della pianificazione spaziale sta diventando sempre più importante. Le esperienze fatte per il ritorno alla normalità dopo una calamità, hanno portato ad una crescita nel campo della pianificazione spaziale.

Un recupero ed una ricostruzione resilienti possono essere realizzati mediante diverse strategie: a) migliorando la prontezza b) spostando le strutture critiche in aree più sicure c) integrando le misure di riduzione dei rischi da calamità nel processo di miglioramento delle infrastrutture d) rafforzando le strutture amministrative, anche con lo sviluppo di mandati istituzionali per la gestione dei rischi da calamità e) utilizzando il processo di ricostruzione per apportare delle modifiche alla pianificazione urbana e f) stabilendo un meccanismo finanziario contingente prevedibile, che includa finanziamenti per rischi da calamità (UNDRR, 2015).

Oggi il recupero e la ricostruzione resilienti sono ritenuti fondamentali per lo sviluppo sostenibile. Per mantenere la sostenibilità, i programmi di recupero e ricostruzione richiedono un impegno prevedibile in termini di risorse tecniche e finanziarie per la programmazione, l'applicazione e la gestione dei risultati. Inoltre, a livello nazionale, i governi devono avere la capacità di sviluppare politiche e meccanismi che assicurino l'integrazione delle misure per la riduzione dei rischi da calamità negli sforzi di recupero e ricostruzione. Secondo il Quadro di Azione Hyogo del 2007-2013, anche se molti paesi hanno introdotto con successo le politiche per ridurre i rischi da catastrofe nei piani di recupero, essi incontrano spesso delle difficoltà nella loro messa in atto.

Per avere successo, i programmi di recupero e ricostruzione richiedono un impegno politico ad alti livelli e quadri istituzionali solidi, in grado di garantire maggiori opportunità di promozione della riduzione del rischio e di sviluppare le capacità di recupero.

La protezione dai terremoti occupa una posizione marginale nella pianificazione spaziale. A questa situazione contribuiscono diversi fattori, tra cui le divergenze tra le diverse discipline e le differenze di percezione e opinione, le esperienze e le tradizioni, o mezzi di comunicazione, la comprensione e la conoscenza dei mezzi di protezione antisismica. La "*finestra delle opportunità*" post-sismiche nelle aree colpite richiede un approccio alla ricostruzione di tipo altamente multisetoriale e multitematico.

6.3 Supporto finanziario per la ricostruzione

Aspetti generali

Molti fattori contribuiscono alla capacità di una comunità di fare rapidi progressi nel recupero delle abitazioni: condizioni economiche, sistema di gestione delle calamità e, soprattutto, la disponibilità di finanziamenti (Jie-Ying e Lindell, 2003).

Nei paesi in via di sviluppo, la maggior parte dei fondi per la ricostruzione delle abitazioni proviene da aiuti internazionali, mentre nei paesi sviluppati i fondi per il recupero provengono da una serie di fonti interne, incluse le assicurazioni, i fondi di risparmio, e altre fonti (Comerio, 1998). Sfortunatamente, la ricostruzione delle abitazioni non può contare solo sulle forze di mercato, a volte per caratteristiche particolari della popolazione colpita, a volte per la mancanza di risparmi o assicurazioni (Peacock and Girard, 1997). Pertanto, è necessario attingere alle tesorerie nazionali per garanzie e prestiti.

Grecia: assistenza finanziaria per la ricostruzione ed il recupero

In Grecia, data la mancanza dell'obbligatorietà di una polizza contro il rischio sismico, dopo ogni evento sismico il governo è obbligato a sostenere le famiglie e le aziende colpite. Una prima legge, emanata nel 1979, ha stabilito gli obblighi del governo nei confronti della popolazione colpita da terremoto. A causa delle molteplici perdite per i terremoti che si sono susseguiti nel periodo 1978–1998, è stata acquisita una preziosa esperienza che ha portato ad un sistema di protezione e recupero dai terremoti più organizzato e meno reattivo. Inoltre, è aumentata la consapevolezza del rischio con un netto miglioramento degli standard edili (Pomonis, 2002).

Negli ultimi decenni, molte regioni della Grecia sono state duramente colpite da terremoti catastrofici. In tutti i casi, lo Stato ha messo in atto immediatamente tutti gli sforzi necessari per la riabilitazione e la ricostruzione, rispondendo a tutti i problemi importanti emersi a seguito degli eventi sismici, a cominciare dagli aiuti immediati, alla riabilitazione economica ed al ripristino dei mezzi di sostentamento.

Dopo il terremoto di Atene del 1999, il governo ha offerto la propria assistenza per la ricostruzione e la riparazione di tutte le proprietà non assicurate che erano crollate o dovevano essere demolite, dando il 33% sotto forma di garanzia ed il 67% sotto forma di prestito ad interesse zero per 15 anni. Per le proprietà abitative l'assistenza finanziaria ammontava a 382€/m² fino a 120 m². La dimensione media di un'abitazione in Grecia si aggira sui 90m². Tale assistenza ammontava a circa il 60% del costo edile medio (645€/m²). In caso di proprietà più grandi, (soprattutto di tipo aziendale), per la superficie eccedente i 120m², lo stato ha messo a disposizione solo il prestito a tasso zero (Pomonis, 2002).

Dopo i terremoti di Cefalonia del 2014, lo Stato ha offerto aiuti finanziari governativi per la ricostruzione e la riparazione alle proprietà temporaneamente inagibili (gialle) o pericolose (rosse). Nello specifico, l'80% dell'aiuto è stato coperto direttamente dallo Stato, il restante 20% è stato dato sotto forma di prestito a interesse zero da restituire in 15 anni (GEER, 2014).

Per la ricostruzione di strutture fino a 120m², il governo ha stanziato: a) 1000€/m² per le abitazioni, b) 500€/m² per le aziende e le strutture pubbliche, e c) 250€/m² per depositi rurali, magazzini, stalle, ecc. (GEER, 2014).

Per la riparazione dei danni strutturali, il governo ha stanziato 450€/m² (per superfici fino a 120m²) per la riparazione degli elementi portanti e non. Per i danni non strutturali, l'aiuto finanziario è stato fissato a 250€/m². I fondi sono stati dati in fasi successive e pagati a completamento di ogni specifica fase di lavoro. Ai proprietari di case gialle o rosse, il governo ha offerto un sussidio di affitto per due anni.

6.4 Supporto psicologico

Il terremoto è un evento improvviso, molto stressante e, a volte, traumatico, perché non lascia tempo alla preparazione psicologica, causa senso di orrore e impotenza, distrugge ciò che era familiare, sconvolge il normale senso di sicurezza e stabilità e può avere un impatto significativo sul normale equilibrio psico-fisico delle persone.

I terremoti possono colpire una persona, una famiglia, un ciclo sociale o un'intera comunità. Una gestione efficace in caso di terremoto grave, che includa il rafforzamento della fiducia e la capacità di recupero di tutti, è una misura di prevenzione necessaria. Le calamità naturali di grande entità, sono eventi che segnano l'inizio di un periodo cruciale per le vittime, dirette e indirette, e che hanno un impatto particolarmente duro sui gruppi più vulnerabili della popolazione (ad es. bambini e anziani). Il modo in cui ogni singolo individuo affronta una calamità naturale e l'impatto dello stress psicologico, dipende da fattori individuali, come:

- Caratteristiche individuali delle vittime ed i loro rapporti.
- Fattori sociali, come la struttura sociale della regione colpita.
- Quadro culturale.
- Fattori ambientali.

I principi guida che costituiscono la base dei programmi di intervento psicologico in caso di calamità mostrano alcune differenze rispetto a quelli degli interventi psicologici tradizionali; gli stessi principi servono anche agli amministratori ed agli operatori per definire le priorità di intervento. Alcuni di questi principi sono:

- Tutte le persone che assistono ad un disastro ne sono colpite.
- Esistono due tipi di trauma da disastro—individuale e comunitario.
- La maggior parte delle persone collabora ed è attiva durante e dopo un disastro, ma la loro efficacia è ridotta.
- Stress da disastro e reazioni da intensa sofferenza sono risposte normali ad una situazione anormale.
- Molte reazioni emotive delle vittime di un disastro derivano da problemi legati alla vita quotidiana causati dal disastro.
- L'aiuto post-catastrofe può confondere i superstiti.
- Le vittime possono manifestare frustrazione, rabbia e senso di impotenza rispetto ai programmi di aiuto post-catastrofe delle agenzie federali, statali e non-profit.
- Molte persone non ritengono di avere bisogno di assistenza psicologica dopo una calamità e non chiedono tale servizio.
- I superstiti possono rifiutare ogni tipo di assistenza post-disastro.
- I servizi di assistenza psicologica post-disastro devono essere strutturati specificatamente per le comunità colpite.
- Gli psicologi devono mettere da parte i metodi tradizionali, evitare di usare etichette psicologiche ed adottare un approccio proattivo per intervenire con successo.
- I superstiti rispondono ad un interessamento ed una preoccupazione attiva e genuina.
- Gli interventi devono essere appropriati per ciascuna fase del disastro.
- I sistemi di supporto sociale sono cruciali per il recupero.

7. Casi Studio sul Terremoto

7.1 Casi Studio - Grecia

TERREMOTO DI CEFALONIA

Introduzione

Cefalonia è un'isola greca situata nel Mar Ionio, vicino all'isola di Itaca. L'isola è la sesta in ordine di grandezza, la più grande delle isole ionie, con un'area di 786 m² ed una popolazione di 35800 persone, secondo il censimento del 2011. Il capoluogo del distretto amministrativo di Cefalonia e Itaca è Argostoli, che conta 8000 abitanti. Lixouri è la seconda città dell'isola e, insieme ad Argostoli, conta quasi due terzi della popolazione del distretto. Cefalonia presenta una storia sismica molto antica. Nel 1953, l'isola è stata devastata da una sequenza di scosse distruttive che hanno causato 450 morti.

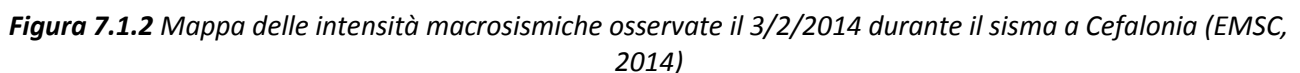
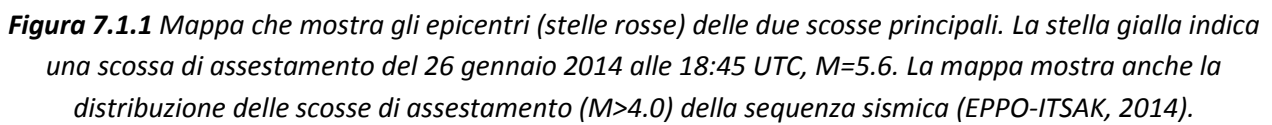
Il 26 gennaio (alle 15:55, ora locale) ed il 3 febbraio 2014 (alle 05:08 ora locale) l'Isola di Cefalonia è stata colpita da due forti sismi. Nel 2014 non ci sono state perdite di vite umane a causa del terremoto. La maggior parte delle strutture ha risposto abbastanza bene, se si considera che sono state sottoposte a scosse che hanno superato almeno del doppio il codice di elasticità per cui erano state costruite, probabilmente a causa della localizzazione e degli effetti topografici. Tuttavia, i danni agli elementi non strutturali sono stati tanto significativi da colpire la vita comune, gli affari e l'economia.

Dettagli del sisma

Il 26 gennaio ed il 3 febbraio 2014 l'Isola di Cefalonia è stata colpita da due forti sismi (rispettivamente di magnitudo locale NOA M_L 5.8 e M_L 5.7). L'epicentro del primo evento era localizzato lungo la costa sudoccidentale dell'Isola di Cefalonia, mentre quello del secondo evento era localizzato lungo la costa occidentale dell'Isola di Cefalonia, circa 7km a nordovest della città di Lixouri. Secondo la Rete Sismologica Ellenica Unificata (HUSN), si è trattato di un evento che ha interessato la parte superficiale della crosta, con epicentro in 38.25N, 20.39E ed una profondità di 10 km (Fig. 7.1.1).

Dall'epicentro e dai meccanismi focali dei sismi si è dedotto che erano associati alla Faglia Trasforme di Cefalonia (CTF) (Scordilis et al. 1985). A causa della magnitudo moderata di entrambi i terremoti, le onde sismiche sono state percepite a Cefalonia, sulle isole di Ithaki, Lefkas e Zante, nonché nelle aree occidentali della Grecia e del Peloponneso. Secondo l'EMSC il movimento sismico è stato sentito anche in gran parte della Grecia continentale, nell'Italia meridionale e in Albania (Fig. 7.1.2).

Durante entrambi i terremoti, in tutta la parte occidentale dell'isola, nella penisola di Paliki e nell'area circostante la baia di Argostoli, si sono manifestati fenomeni associati alle scosse sismiche, come liquefazione delle sabbie, frane, smottamenti e danni a muri di contenimento in pietra. Nella parte settentrionale e orientale dell'isola sono state osservate solo alcune frane di materiale disgregato. La maggior parte di questi effetti si è manifestata dopo il primo evento, il 26 gennaio, ed è stata riattivata una settimana dopo, durante il secondo evento (3 febbraio).



Come commento generale si può dire che i due eventi sismici del 26/01 e 3/02/2014 hanno causato estesi danni geotecnici. Questi si sono verificati principalmente nella parte occidentale dell'isola, (penisola di Paliki) e possono essere classificati nelle seguenti categorie:

- 53

Il 26 gennaio 2014 sono state osservate molte frane, in diversi luoghi, in un raggio di ~10 km intorno all'epicentro. I danni sono stati seri soprattutto nella parte centro-meridionale della Penisola di Paliki e lungo la costa orientale della baia di Argostoli, con conseguente chiusura al traffico delle strade per molti giorni. A sud di Paliki sono stati rilevati danni alla rete stradale, che mette in comunicazione i diversi borghi. Frane formate da blocchi di roccia e materiale incoerente sono state osservate lungo parte della costa vicino alla spiaggia di Myrtos, dove grossi blocchi di roccia sono rotolati lungo le falesie, danneggiando la strada ed invadendo la spiaggia (Fig. 7.1.3). Blocchi di roccia sono caduti anche sul borgo di Atheras, danneggiando alcune case. Le frane sono state numerose anche lungo tutta la costa occidentale e nella parte centrale dell'isola.

Lungo la strada Argostoli–Lixouri numerose frane hanno danneggiato sezioni stradali, bloccando il traffico. Lavoratori edili e squadre della manutenzione stradale hanno lavorato ininterrottamente nelle 2 settimane successive agli eventi del 26 gennaio e del 2 febbraio, per riparare i danni e riaprire le strade alla popolazione. Sono stati rilevati anche danni ai muri di contenimento in pietra. In particolare, fratture estese sono state osservate nel muro in pietra portante della chiesa del borgo di Havriata (Fig. 7.1.4).

Fratture estese sono state osservate nella maggior parte delle strade che costituiscono la rete stradale della penisola di Paliki, in conseguenza dei danni geotecnici descritti sopra ed all'età delle strade. Crepe serie hanno interessato la maggior parte delle strade che collegano Lixouri con i borghi di Ag. Thecla, Havdata, Havriata, Vouni e Manzavinata (Fig. 7.1.5).

Danni estesi e frane sono state registrate ai porti di Lixouri e di Argostoli (in quantità più ridotta), dove sono state registrate subsidenze estese, movimenti delle dighe foranee, liquefazione delle sabbie e fratturazione del cemento. Al porto di Lixouri il terremoto ha causato lo spostamento orizzontale dei moli in cemento (Fig. 7.1.6). Nel porto di Argostoli, i danni sono stati meno estesi.



Figura 7.1.3 Frane di massi lungo le scogliere della spiaggia di Myrtos (EPPO, 2014)



Figura 7.1.4 Danni ai muri di contenimento nel borgo di Havriata (EPPO, 2014)



Figura 7.1.5 Danni alla rete stradale Lixouri-Havriata (EPPO, 2014)



Figura 7.1.6 Danni al porto di Lixouri (EPPO, 2014)

Costruzioni

In generale, gli edifici presenti sull'isola si sono comportati bene, considerando l'intensità del sisma che ha presentato accelerazioni a terra fino a 0.75g (g = accelerazione di gravità). La maggior parte degli edifici in cemento armato ha subito danni trascurabili o lievi ai muri interni in mattoni, che, in alcuni casi, sono stati separati dal telaio in cemento armato. La resistenza strutturale soddisfacente è attribuibile ad una buona qualità edilizia, specialmente delle tamponature che, in molti casi, hanno supportato la maggior parte del carico sismico, senza fratturarsi.

La Prima Valutazione di Agibilità è stata effettuata immediatamente dopo il primo evento (26 gennaio) ed seguita poi da un'Ispezione di Valutazione Approfondita. Durante la Prima Valutazione di Agibilità sono stati ispezionati 4865 edifici, la maggior parte dei quali sulla penisola di Paliki; di questi il 31%, ovvero 1505 edifici, è stato dichiarato temporaneamente inagibile (Fig. 7.1.7).

Durante l'Ispezione di Valutazione Approfondita, sono stati ispezionati 2770 edifici, inclusi gli edifici etichettati come gialli dalla Prima Valutazione di Agibilità, ed altri che hanno richiesto valutazioni più dettagliate. Di questi edifici, 1265 (46%) sono stati dichiarati sicuri (verdi), 1325 (48%) sono stati dichiarati temporaneamente inagibili (gialli) e 180 (6%) sono stati dichiarati inagibili (rossi). Dalle statistiche è emerso che gli edifici in muratura sono quelli che hanno subito più danni. La maggior parte degli edifici colpiti, il 76% degli edifici rossi ed il 60% di quelli gialli si trova sulla penisola di Paliki. Relativamente all'uso, il 52% degli edifici rossi era adibito a magazzino, deposito, ecc. o era abbandonato, il 39% era adibito ad abitazione ed il 9% ad uso commerciale (uffici).

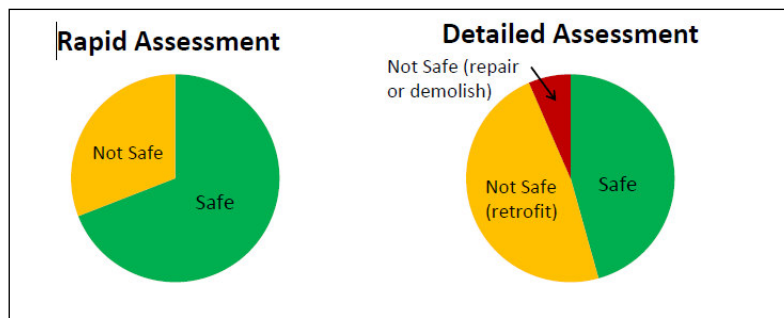


Figura 7.1.7 Risultati della Prima Valutazione di Agibilità e dell'Ispezione di Valutazione Approfondita. Il 31% degli edifici sottoposti a Prima Valutazione di Agibilità, ovvero 1505 edifici, è stata dichiarata inagibile. L'Ispezione di Valutazione Approfondita degli edifici etichettati gialli ha dichiarato sicuri il 46% (1265) degli edifici, temporaneamente inagibile il 48% (1325) ed inagibile il 6% (180). Questi ultimi necessitano di un'ulteriore ispezione per valutare il restauro o la demolizione (GEER/EERI/ATC).

Le case popolari di Lixouri sono state quelle che hanno subito maggiori danni. Il complesso è costituito da una serie di edifici a tre piani, costruiti negli anni '60 in base alla prima normativa antisismica del 1959. Le strutture hanno subito danni estesi, non riparabili, specialmente alle componenti strutturali verticali in cemento armato (Fig. 7.1.8). Contrariamente al comportamento del complesso delle case popolari, tutti gli edifici più recenti nelle immediate vicinanze sono rimasti essenzialmente intatti, essendo stati costruiti dopo il 2000, secondo normative antisismiche più recenti.



Figura 7.1.8 Complesso di case popolari gravemente danneggiato a Lixouri (EPPO, 2014)

Scuole

La valutazione da parte dell'Organizzazione per gli Edifici Scolastici (oggi conosciuta come Organizzazione per le Infrastrutture Edili) a Cefalonia ha dichiarato 37 edifici scolastici di classe "A" (immediatamente occupabili), 19 di classe "B" (immediate occupabili con opere di ristrutturazione dopo l'orario scolastico), e 9 non utilizzabili fino alla riparazione completa dei danni (Fig. 7.1.9).



Figura 7.1.9 La scuola superiore “Petritsio”, a Lixouri, ha subito danni lievi a seguito dei terremoti del 2014 (EPPO, 2014)

Chiese ed edifici culturali

Diversamente dalle abitazioni e dagli edifici pubblici che, in generale, hanno subito danni lievi a seguito dei due eventi sismici, le chiese di Cefalonia hanno subito gravi danni strutturali (o sono parzialmente crollate), e gravi danni non-strutturali (Fig. 7.1.10). Ciò può essere attribuito alle loro caratteristiche costruttive, ed agli interventi di restauro. La maggior parte delle chiese è molto vecchia, risalendo al XVII secolo, ed ha accumulato tensioni strutturali durante i numerosi terremoti passati, che devono aver giocato un ruolo importante nella risposta di questi edifici agli eventi del 2014.

Il Museo Archeologico di Argostoli è stato costruito nel 1957 per sostituire l’edificio originale, distrutto durante i terremoti del 1953, che hanno causato la perdita di molti reperti presenti nel museo. Il museo è l’unico edificio di Argostoli ad avere riportato danni seri. I danni si sono manifestati soprattutto ai muri ed alle strutture dell’edificio, come colonne e pavimenti (Fig. 7.1.11). A causa di questi danni, il museo è ancora chiuso. La possibilità di restaurare e migliorare la struttura o di ricostruire il museo è ancora in fase di valutazione. Diversi reperti si sono rovesciati o sono caduti nelle teche.



Figura 7.1.10 Chiesa ad Havriata (EPPO, 2014)



Figura 7.1.11 Museo archeologico di Argostoli dopo i terremoti del 2014 (EPPO, 2014)

Danni a componenti non strutturali

I danni ai componenti non-strutturali sono stati estesi nell'area di Lixouri e significativi ad Argostoli, ed hanno esposto la popolazione a gravi rischi. Inoltre tali danni hanno causato interruzioni significative delle attività ed impatti notevoli sull'economia dell'isola. Molti elementi non strutturali nelle città densamente popolate dell'isola hanno riportato danni e si sono dimostrati inadeguati, tra questi: tegole che sono cadute, recinzioni con fondamenta deboli, mancanza di blocchi antisismici agli scaffali mobili, assenza di giunti flessibili nelle tubature, mancanza di fissaggio a muro o a pavimento di mobili da ufficio pesanti ed attrezzature, mancanza di fissaggio di oggetti agli scaffali (Fig. 7.1.12). Tali danni hanno compromesso le funzioni quotidiane dell'isola e la sua economia, ed avrebbero potuto causare lesioni gravi e perdite di vite umane, se gli abitanti dell'isola non fossero stati lungimiranti nell'aspettarsi una seconda scossa e se i due eventi sismici maggiori non si fossero verificati al di fuori dell'orario lavorativo.

Le strutture critiche dell'Aeroporto Internazionale di Cefalonia sono rimaste chiuse per 3 settimane e l'ospedale di Lixouri è stato evacuato, prevalentemente a causa di danni non strutturali.



Figura 7.1.12 Danni non strutturali: mancanza di protezione antisismica per gli scaffali mobili, mancanza di sistemi di bloccaggio delle merci sulle scaffalature, sicure per controsoffitti e lampadari (GEER/EERI/ATC).

Risposta

Il governo greco ha risposto rapidamente alla calamità. La valutazione dei danni è stata fatta dall'Agenzia Greca per la Riabilitazione Sismica (SRA). Un ufficio provvisorio per l'organizzazione delle ispezioni e degli interventi di emergenza è stato allestito nell'Istituto Tecnico delle Isole Ionie (TEI), un edificio pubblico ad Argostoli.

Le ispezioni sono state effettuate prevalentemente da squadre di ingegneri edili che lavorano per le agenzie pubbliche. Poco dopo le scosse più forti, il governo ha annunciato aiuti economici per la riparazione degli edifici temporaneamente inagibili (gialli) e per la ricostruzione degli edifici inagibili (rossi). L'80% degli aiuti economici è stato dato sotto forma di assistenza gratuita ed il resto in forma di prestito senza interessi restituibile in 15 anni. Il governo paga fino a 1000€/m² per gli edifici ad uso abitativo e fino a 120m² di superficie.

Dopo le due scosse principali e molte scosse di assestamento, alcune strutture critiche ed essenziali hanno dovuto essere evacuate temporaneamente ed alcune altre sono state evacuate per precauzione a causa della storia sismica dell'isola. Esempi di strutture evacuate sono l'ospedale di Lixouri ed alcune residenze per anziani e scuole. L'alloggiamento provvisorio è avvenuto in tende messe a disposizione dall'esercito (Fig. 7.1.13), due navi militari ad Argostoli (550 posti letto) e la nave da crociera "Aegean Paradise" a Lixouri con 600 posti letto (compresi la colazione e la cena per due mesi offerti dall'armatore).

I campi tenda messi a disposizione dall'esercito si sono rivelati inutili a causa del tempo piovoso, che ha costretto molti sfollati a spostarsi sulle navi. Alcuni sfollati hanno scelto di dormire nelle proprie automobili. A Lixouri l'approvvigionamento idrico è stato interrotto dopo la seconda scossa ed è stata distribuita acqua in bottiglia fino al ripristino della rete idrica.

Le autorità di governo, le chiese e associazioni di volontari hanno fornito cibo e altri aiuti agli sfollati (Fig. 7.1.14). Il supporto finanziario è stato garantito da diverse fonti, incluse raccolte fondi da parte delle comunità greche, locali e non, e donazioni private da parte di varie compagnie ed organizzazioni.

È stata fornita assistenza psicologica, specialmente ai bambini che hanno vissuto un fenomeno naturale di simile portata per la prima volta. Gli abitanti di Cefalonia hanno risposto stoicamente agli eventi sismici, avendo, in genere, già vissuto in precedenza l'esperienza sismica; ciò ha aiutato ad evitare il panico ed ha permesso una risposta di emergenza regolare.

La popolazione si è lamentata per l'impatto che gli eventi sismici hanno avuto sulla loro vita personale e lavorativa, colpite soprattutto da danni non strutturali. Questo sembra essere un problema comune ad altre aree soggette a sisma, e fa capire che è necessario investire nell'educazione per sensibilizzare le popolazioni al rischio di esposizione ed alle aspettative da riporre negli interventi post-sismici.



Figura 7.1.13 Campo tenda allo stadio di Lixouri (EPPO)



Figura 7.1.14 Alimenti da distribuire ai residenti (EPPO)

Bibliografia

Giotis, G., Sextos, A. (2014). "Seismic behavior study of Argostoli Museum's exhibits during Cephalonia earthquakes on 26 January & 3 February 2014" Bauhaus Summer School in Forecast Engineering: Global Climate change and the challenge for built environment 17-29 August 2014, Weimar, Germany.

GEER/EERI/ATC (2014). Earthquake Reconnaissance Cephalonia, Greece Events, Version 1: June 6, 2014.

EPPO (2014). "The earthquake of 26/1/2014 (m6.1) in Cephalonia (Greece): strong ground motion, soil behavior and response of structures" (1st Preliminary Report), Thessaloniki, February 2014.

EPPO (2014). "The earthquake of 26/1/2014 (m6.1) in Cephalonia (Greece): strong ground motion, soil behavior and response of structures" (2st Preliminary Report), Thessaloniki, February 2014.

Valkaniotis S., et al. (2014). "Field observations of geological effects triggered by the January–February 2014 Cephalonia (Ionian Sea, Greece) earthquakes", Tectonophysics, 2014.

PATRIMONIO CULTURALE E TERREMOTI A HERAKLION, CRETA

Introduzione

Il distretto di Heraklion è ricchissimo di reperti archeologici, specialmente risalenti all'Era Minoica. Nel suo territorio si trovano tre dei siti più importanti, Knossos, Malia e Galatas, oltre a città e insediamenti famosi come Phaistos, Agia Triada, Tylissos ecc. Dal XIX secolo, molti dei reperti più preziosi provenienti da questi siti sono conservati al Museo Archeologico di Heraklion (Fig. 7.1.15).

La prima esposizione fu allestita nel Monastero Veneziano di San Francesco, un grande edificio situato nel centro della città, che subì ingenti danni ad opera di diversi eventi sismici e che crollò definitivamente durante il terremoto del 1856. Nel 1904, al posto del Monastero di San Francesco, fu costruito un edificio nuovo, senza alcun accorgimento antisismico, né di tipo strutturale, né nei riguardi della collezione esposta.



Figura 7.1.15 Il primo Museo Archeologico di Heraklion nel 1904 (Dimopoulou-Rethimiotaki N. 2005)

Il museo fu gravemente danneggiato dal terremoto di Rodi del 1926 (M=8). Parte del tetto crollò danneggiando molti reperti. Manufatti minoici non protetti, affreschi ed il sarcofago di Agia Triada andarono in frantumi. Molti archeologi che hanno visitato il museo all'epoca, incluso Sir Arthur Evans, il famoso archeologo che ha scavato il sito di Knossos, erano pessimisti circa le possibilità di restauro e recupero. Tuttavia, il direttore del museo S. Xanthoudidis raccolse e conservò tutti i frammenti con la massima cura. Poco dopo il terremoto gli affreschi ed il vasellame furono restaurati dal conservatore del museo M. Saloustros; un lavoro immenso in termini di tempo, visto il materiale disponibile e la situazione economica. Inoltre i danni all'edificio furono restaurati con l'aiuto ed il supporto finanziario del governo italiano su proposta del Prof. Federicco Halbherr e altri archeologi italiani.

Nonostante le discussioni sulla necessità di un nuovo museo, più sicuro, il terremoto del 1930 danneggiò nuovamente l'edificio ed i reperti esposti. Solo allora furono prese decisioni serie a livello nazionale circa la costruzione di un nuovo edificio che potesse ospitare tutti i reperti di Creta. Il forte sisma del 1935 trovò il

museo ancora totalmente vulnerabile. Importanti reperti minoici subirono nuovi gravi danni e l'edificio riportò seri problemi strutturali.

Fu nel 1951, poco dopo la Seconda Guerra Mondiale che ritardò i lavori, che si inaugurò l'esposizione nel nuovo edificio. Nello stesso anno fu terminata anche la costruzione di un nuovo magazzino per il museo.

Il terremoto del 1935

Il 25 febbraio del 1935, alle ore 02:51 si è verificato un sisma di magnitudo 7 (intensità 8 della scala Mercalli), con epicentro nel borgo di Anogia, a est di Heraklion, e ipocentro ad una profondità di 100 km.

Il terremoto ha colpito prevalentemente la parte settentrionale e centrale di Creta, ma è stato avvertito in tutto il mediterraneo Orientale. Il sisma ha causato il crollo di edifici e infrastrutture, danneggiando le esposizioni di reperti archeologici, ecc.

Heraklion e dintorni: la Centrale Elettrica, il Ginnasio la chiesa di S. Minas, molte scuole e case subirono gravi danni (Fig. 7.1.16). I borghi di Skalani, Anopoli, Epano Vatheia, Kainourio e Gournes furono distrutti. I borghi di Episkopi, Tylissos, Sampas, Voni, Kamari, Arckalochori subirono gravi danni e la maggior parte degli edifici crollò.



Figura 7.1.16 La Cattedrale di Agios Minas dopo il terremoto del 1935 (Andrikakis A. 2008)

Il Museo Archeologico riportò ingenti danni strutturali. Subirono danni anche molti reperti. La statuetta minoica della “Dea con i serpenti” si ruppe di nuovo, come già accaduto durante il terremoto del 1926. Si ruppero anche più di 50 vasi minoici di grande pregio (Andrikakis A 2008).

Lo staff del museo raccolse tutti i reperti ed i frammenti dei reperti rotti e li conservò in un luogo sicuro, fino alla costruzione del nuovo edificio museale, che iniziò nel 1937. La prima esposizione fu aperta al pubblico dopo la Seconda Guerra Mondiale, nel 1951. Lo stesso anno fu anche terminata la costruzione di un nuovo magazzino per il museo. (Dimopoulou-Rethimiotaki N. 2005).

Resto di Creta: le città di Rethimnon e Chania subirono diversi danni.

Popolazione: 8 morti, 204 feriti e 374 famiglie senza tetto.

Impatto sul Patrimonio Culturale di Heraklion

Il Museo Archeologico di Heraklion fu costruito per ospitare alcuni dei più importanti reperti della civiltà minoica, di valore inestimabile. Sfortunatamente, all'epoca non ci si preoccupava minimamente della protezione antisismica degli edifici e dei reperti. Pertanto il museo fu colpito ripetutamente dagli eventi sismici che si susseguirono nel tempo. Il terremoto del 1935 danneggiò gravemente i muri dell'edificio e

molti reperti. La statuetta minoica della “Dea con i serpenti” si ruppe di nuovo, come già accaduto durante il terremoto del 1926 (Fig. 7.1.17).

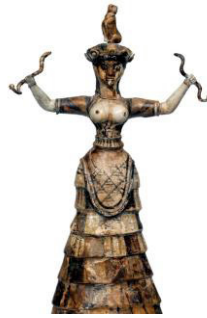


Figura 7.1.17 La Dea con i Serpenti, danneggiata nuovamente dal terremoto del 1935 (Dimopoulou-Rethimiotaki N. 2005)

Il museo subì gravi danni anche durante il terremoto del 1930 (M=6,7). Molti vasi antichi e reperti minoici di minore importanza andarono in frantumi per il crollo di parte del tetto o per la caduta dai propri supporti.

Preparazione e misure di prevenzione

Anche se dopo il terremoto del 1926 nacque una discussione sulla necessità di costruire un nuovo museo più sicuro, il successivo evento sismico importante del 1930 danneggiò nuovamente l’edificio ed i reperti esposti. Fu allora che si prese una decisione seria a livello nazionale circa la costruzione di un nuovo edificio che potesse ospitare tutti i reperti di Creta. Il curatore del Museo, Spyridon Marinatos, informò immediatamente le autorità dei gravi danni subiti ed il governo decise di costruire un museo antisismico per la conservazione dei preziosi reperti. Tuttavia, i preparativi subirono notevoli ritardi, fino al 1934 (Chatzidakis, 1931, Dimopoulou-Rethimiotaki N.2005).

Il successivo evento sismico del 1935 trovò il museo totalmente vulnerabile. I reperti minoici e la struttura dell’edificio subirono nuovi gravi danni. Il personale del museo raccolse tutti i reperti ed i frammenti dei reperti rotti e li conservò in un luogo sicuro, fino alla costruzione del nuovo edificio museale, che iniziò nel 1937.

La prima esposizione fu aperta al pubblico dopo la Seconda Guerra Mondiale, nel 1951.

Giudicando dai risultati, la costruzione del Museo Archeologico di Heraklion nel 1904 e la presentazione dell’importante collezione minoica furono insufficienti.

Nella costruzione del museo non fu adottata alcuna precauzione antisismica, nonostante Heraklion fosse già stata colpita e danneggiata nei decenni precedenti. I reperti non furono assicurati ai propri supporti, cosicché molti di essi si ruppero cadendo al suolo e sotto il peso dei frammenti del tetto crollato.

Anche se, dopo il terremoto del 1926, i problemi vennero riconosciuti e furono proposte delle soluzioni, la decisione politica richiese molto tempo, visto che un museo nuovo, più sicuro, fu aperto solo nel 1951. Nel frattempo, altri due terremoti hanno colpito il museo, causando ulteriori danni all’edificio ed all’esposizione. Bisogna riconoscere che lo staff del museo lavorò duramente, anche contro l’opinione degli archeologi, riuscendo a raccogliere e restaurare tutti i reperti rotti.

Oggi, il museo Archeologico è il secondo più importante museo della Grecia, conservando i più preziosi reperti della civiltà minoica. La maggior parte dei reperti restaurati è esposta nelle sale. Recentemente, è

stata costruita anche una nuova parte più vasta, rispondente alle più severe norme antisismiche moderne, in grado di ospitare le collezioni.

Letteratura

Andrikakis A. (2008) *The earthquakes of Crete, Patris, Heraklion*

Chatzidakis I. (1931). *The history of the Cretan Museum and the archaeological studies in Crete, Athens.*

Dimopoulou-Rethimiotaki N (2005). *The Archaeological Museum of Heraklion, J. Latsis Foundation, Athens.*

Papazachos and Papazachou (1997). *The Earthquake of Greece, Ziti eds, Thessaloniki.*

Sieberg A. (1932). *Untersuchungen uber erbeben und bruchschollenbau im ostlichen Mittelmeergebiet. Velag von Gustav Fisher, Jean, 163-173.*

7.2 Casi Studio - Italia

L'APPLICAZIONE DELLA LEGGE REGIONALE UMBRA PER LA PREVENZIONE ANTISISMICA

26 settembre 1997: un forte terremoto ha scosso l'Umbria, nell'Italia centrale. Il terremoto, di magnitudo 5.8, ha danneggiato gravemente diversi paesi. Il sisma e le relative scosse hanno danneggiato anche un numero considerevole di edifici storici, inclusa la famosa Basilica di San Francesco di Assisi. Nell'immagine a destra sono riportati gli epicentri della scossa principale e delle scosse dei giorni successivi.

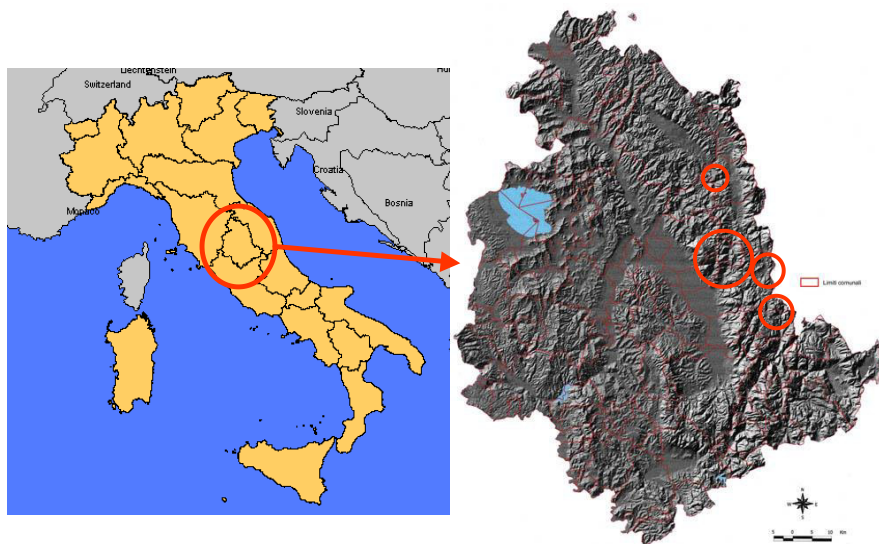


Figura 7.2.1 Le immagini mostrano i danni causati dal terremoto in Umbria del 1997.

Edifici danneggiati

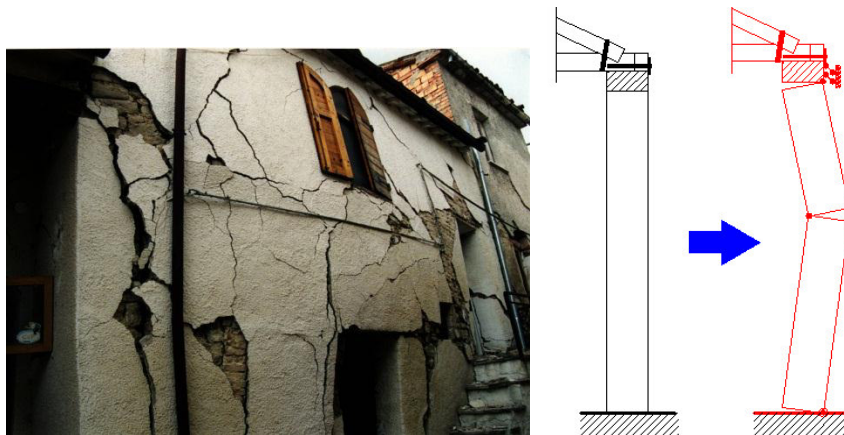


Figura 7.2.2 Questo edificio in muratura mostra un difetto di resistenza alla flessione del muro. La connessione tetto-muro è buona ma la soletta intermedia non è connessa al muro.



Figura 7.2.3 L'immagine mostra un edificio in muratura con travi di sostegno in cemento armato. In questo caso notiamo quanto sia importante una buona connessione tra le nuove travi in cemento armato e le parti in muratura esistenti.

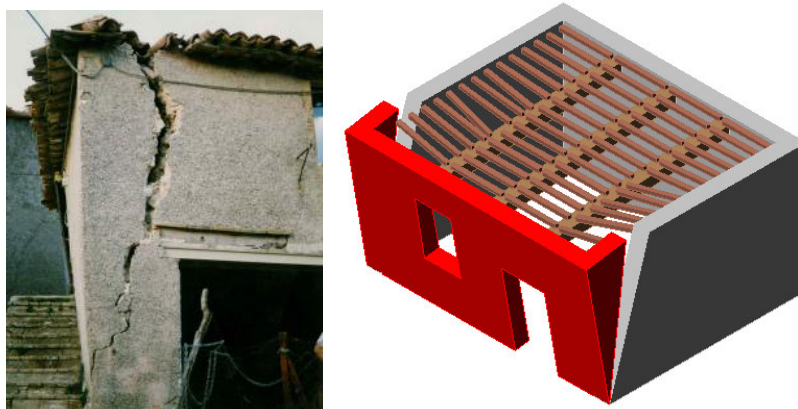


Figura 7.2.4 In questo edificio in muratura si nota l'inclinazione del muro causata da una connessione debole tra tetto e muro.

Concetti di base della legge regionale umbra per la prevenzione sismica

La legge regionale di prevenzione sismica garantisce risorse finanziarie a coloro che intendono fare degli interventi strutturali di consolidamento degli edifici in muratura. Il finanziamento può essere richiesto per un intero aggregato edilizio. Infatti, il terremoto del 1997 ha dimostrato quanto possa essere forte l'interazione tra edifici adiacenti e quanto poco realistica sia l'analisi di un singolo edificio se si trova in un contesto di aggregazione. Ciascun aggregato è formato da più edifici, di seguito chiamate "Unità Strutturali" o U.S., che possono essere definite mediante considerazioni strutturali e storiche. Dobbiamo valutare la vulnerabilità di ogni U.S. mediante una procedura puramente convenzionale, che consiste nel rilievo delle carenze strutturali dell'edificio (considerando l'interazione con gli edifici adiacenti) e quindi confrontarla con la situazione riscontrata con la corrispondente soglia quantitativa o qualitativa. Esistono delle tabelle riportanti tutte le soglie, per ciascun elemento di vulnerabilità. L'intero aggregato edilizio viene definito "vulnerabile" se almeno una delle U.S. è vulnerabile. In questo caso, l'aggregato può richiedere il finanziamento. Quindi, verrà stabilito un ordine di priorità (sulla base di criteri di esposizione e pericolosità) tra tutte le costruzioni che eccedono la soglia di vulnerabilità. Questa procedura è necessaria per definire le prime costruzioni finanziabili, a causa delle risorse limitate. Gli aggregati edilizi finanziati presenteranno un disegno esecutivo, sulla base del quale si effettueranno gli interventi di adeguamento previsti, che porteranno all'eliminazione di tutte le carenze strutturali dell'aggregato, e non solo quelle identificate in fase di supporto. Dovrà, quindi, essere realizzata una serie di interventi minimi obbligatori di adeguamento. Le specifiche tecniche della legge suggeriscono anche alcuni possibili interventi di consolidamento.

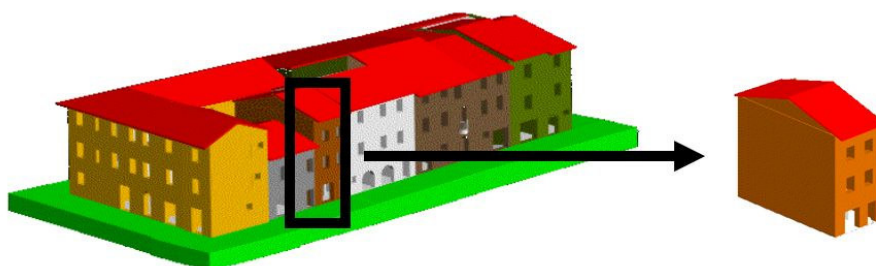


Figura 7.2.5 Un aggregato edilizio può essere definito come una costruzione delimitata da spazi aperti (immagine a sinistra). Esso è costituito da Unità Strutturali (U.S.) che possono essere definite come porzioni dell'aggregato, che presenta un comportamento sismico unitario statico.

Le U.S. vengono definite sulla base dei criteri strutturali (ad es. un pavimento rigido definisce una singola U.S. e due parti con muratura differente sono da considerarsi due diverse U.S.) e di criteri storici, secondo il periodo di costruzione delle diverse parti.

Valutazione della qualità delle parti in muratura

Consiste nella valutazione di cinque aspetti. Il punteggio più alto indica la presenza dei cinque parametri ed una buona qualità della muratura. La valutazione può essere fatta in maniera qualitativa, come nella figura.

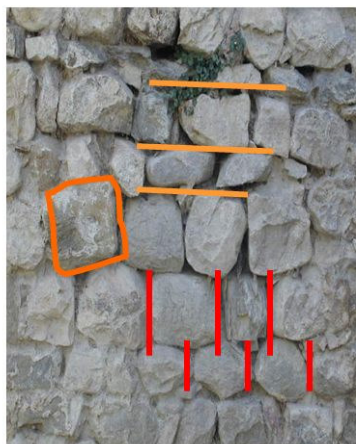


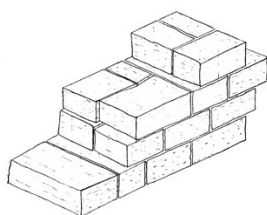
Figura 7.2.6 Esempio di valutazione della qualità della muratura in maniera qualitativa (Fonte: Angeletti, Borri, Longhi, Nasini, Severi (2004) "The law for seismic prevention in Umbria, Italy")

- OR: andamento orizzontale (da 0 a 2 punti)
- SG: fughe verticali di malta non allineate (da 0 a 2 punti)
- FD: forma quadrata e dimensioni grandi delle pietre o dei mattoni (da 0 a 2 punti)
- PD: presenza di diatoni (pietre che collegano due diversi livelli del muro) (da 0 a 3 punti)
- MA: buona qualità della malta (da 0 a 1 punto).

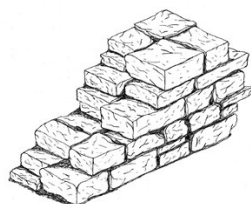
Indice di qualità: I.Q. = OR + SG + FD + PD + MA (da 0 a 10 punti)

High quality masonry (A)	Medium quality masonry (B)	Poor quality masonry (C)
8 [I.Q. [10	4 < I.Q. < 8	0 [I.Q. [4

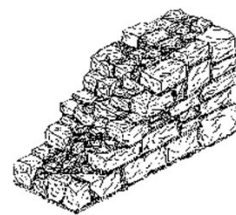
Example of category A masonry



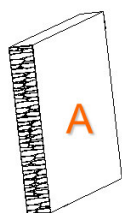
Example of category B masonry



Example of category C masonry



Comportamento fuori piano delle strutture in muratura di qualità A, B e C



Category A masonry has a monolithic out-of-plane behaviour.



In the category B masonry there is a lack of monolithic out-of-plane behaviour.



Category C masonry. There is a complete disintegration of the wall.

SCHEDA DI VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ MURARIA						NUM_12
						FOTO
						ISOMETRIA
						SEZIONE
Muratura di blocchi di pietra squadrata talvolta con presenza di laterizi e domiti. Muratura in pietra calcarea bianca e/o rosata, talvolta sono presenti localmente laterizi e domiti di tufo. Tessitura muraria nel rispetto degli orizzontamenti con filari regolari di altezza diverse. Spaziamento dei giunti verticali approssimativo e praticamento assenti i filari. Ciofoni di tufo naturali e spaccati. Calcestruzzo e a matita concorde, colori vari. Laterizi di argilla cotta. Morta di calce e sabbia spesso polverulenta di buona qualità.						
Dimensioni e forme ricorrenti dei blocchi: $a = 8 \times 15 \text{ cm}$ $b = 8 \times 13 \text{ cm}$ $c = 10 \times 25 \text{ cm}$						
OR	SG	FD	PD	MA	INDICE QUALITÀ	CATEGORIA
2	1	0.5	0	1	4.5	B

SCHEDA DI VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ MURARIA					NUM_01			
					FOTO			
					ISOMETRIA			
					SEZIONE			
					Muratura di blocchi di pietra perfettamente squadrata. I paramenti sono costituiti da conci lavorati di pietra calcarea bianca o rosa e talvolta arenata. La tessitura muraria regolare, presenta corsi orizzontali di diverse fasce di altezza e un buono distanziamento dei giunti verticali. Presenza di elementi disposti ortogonalmente al piano della muratura (elastici). Calcestruzzo e rosario di Quibbi: compatto a matita concorde. Calcestruzzo di Penzila: biancastro o rosastri dal bianco al grigio scuro, al rosso al rosso. Calcestruzzo del diavolo (nastri): calcestruzzo bianchi e rossi, tutti e compatti. Mattoni di Sichelgia e Quibbi: grigio, simile alla pietra senese toscana. Pietra senese del Trasimeno e dell'altopiano: colore grigio, con talvolta intonazioni gialle. Mattoni di calce e sabbia spesso polverulenta ma sufficiente ad assicurare il contatto tra i blocchi.			
					Dimensioni e forme ricorrenti dei blocchi: $a = 15 \times 30 \text{ cm}$ $b = 15 \times 30 \text{ cm}$ $c = 15 \times 50 \text{ cm}$			
OR	SG	FD	PD	MA	INDICE QUALITÀ	CATEGORIA		
2	2	2	3	0.5	9.5	A		

SCHEDA DI VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ MURARIA					NUM_07	
Assommatelli		Piemonte		Savone		
Muratura di blocchi di pietra squadrata e cianelli doppio paramento. Muratura costituita da paramento esterno di blocchi di pietra squadrata con buona tessitura muraria, rispetto agli orizzontamenti e distanziamento dei giunti verticali. Paramento interno di cianelli e scaglie di pietra disposte in maniera casuale con inserimenti di piccole dimensioni. Spessore murario di non molti centimetri. Calcestruzzo compatto, siccità rossa dell'umbra a colore variabile. Morta di calce e sabbia polverulenta.						
Dimensioni e forme ricorrenze dei blocchi: $a = 15 \times 20 \text{ cm}$ $b = 8 \times 17 \text{ cm}$ $c = 15 \times 35 \text{ cm}$						
OR	SG	FD	PD	MA	INDICE QUALITÀ	CATEGORIA
1	1	1	0	0	3	C

Figura 7.2.7 Esempi di tabelle relative alla tipica muratura umbra (Fonte: Angeletti, Borri, Longhi, Nasini, Severi (2004) "La legge per la prevenzione sismica in Umbria, Italia")

Per mostrare l'uso corretto del metodo di analisi della muratura proposto dalla legge, in appendice al testo di legge sono state incluse delle tabelle che mostrano la tipica muratura umbra. Ciascuna tabella mostra una fotografia del tipo di muratura, una visione assonometrica, la sezione e la vista frontale dell'opera muraria ed una breve descrizione delle caratteristiche. La riga inferiore riporta i valori dei cinque parametri necessari per esprimere il giudizio sull'opera muraria. La valutazione di questi parametri può essere fatta su una superficie muraria di 1m x 1m, da cui sarà necessario rimuovere l'intonaco, se presente.

Definizione di carenza strutturale di un U.S.

I vari elementi di vulnerabilità sono divisi in tre classi: gli elementi di “Classe a” sono i più importanti. Gli elementi di “Classe b” rappresentano carenze locali. Gli elementi di “Classe c” riguardano le interazioni tra U.S. adiacenti. Possiamo anche trovare elementi di “classe a” localmente, nel qual caso si parla di elementi di vulnerabilità di “classe a*”. Le seguenti tabelle riportano la descrizione delle soglie quantitative e qualitative che definiscono la presenza dell’elemento di vulnerabilità nell’U.S.

Intrinsic vulnerability		Thresholds
a.1)	No connection between perpendicular walls	> 60% of all the wall-crosses in a level
a.1)*		local
a.2)	No connection between floors and walls	> 60% in a level
a.2)*		local
a.3)	No tying elements	> 60% in a level
a.3)*		local
a.4)	No sufficient shear-resistant area	$t \leq t'$ or $\eta \leq \eta'$ (tab. 4) in a level
a.4)*	Torsional effects	$a/L \leq 0,4$ or $b/L \leq 0,3$ in a level with rigid floor (tab. 6)
a.5)	No sufficient shear-resistant area	$t \leq t'$ or $\eta \leq \eta'$ (tab. 5) in a level
a.6)	Bad quality masonry	C masonry: 50% in a level (tab. 3 e 4)
a.6)	Deterioration and static insufficiency	A level with 50% of masonry or all the floor deteriorated $Am/At \leq (Am/At)_{CR}$ (tab. 9)
b.1)	High height-to-thickness ratio of the walls	$b \leq b_{ex}$ local (tab. 7 e 8)
b.2)	Irregular distribution of the openings	$R = A_w / A_r \leq 0,2$ in a facade
b.3)	Pushing elements	Not buttressed roofs, vaults, arches; floors at different height on the same wall
b.4)	Additions causing not homogeneous structural behaviour	Balconies closed with infill masonry, elements that change the mass distribution
b.5)	Walls without vertical continuity	Walls or columns built over not rigid floors, beams or vaults
b.6)	Excessive variations of resistant area from a plan to the other	Increasing resistant area $\Delta A \geq 30\%$ from a storey to the upper one
b.7)	Not structural vulnerable elements	Not well anchored balconies, chimneys
b.8)	Foundation settlement	Cracks caused by foundation settlement
Induced vulnerability elements		Thresholds
c.1)	Pushing vaults and arches in the adjacent U.S.	Vaults or arches of the adjacent U.S. pushing on the walls of the analyzed U.S.
c.2)	Pushing roofs or floors in the adjacent U.S.	$\Delta h > 1$ m being Δh = difference of height between the roofs or floors of the two U.S.
c.3)	Not aligned facades	Not aligned facades without tying elements
c.4)	Head position of the U.S.	No connection and no tying elements in the head wall of the U.S.
c.5)	Insufficient wideness of seismic joints	$d < H/100$ being H = height of the lower US and d = joint wideness
c.6)	Different stiffness between adjacent U.S.	- different total height ($\Delta H > 3$ m) - different constructive technique or material

VULNERABILITY EVALUATION U.S. n°: _____ Aggregato: _____ City: _____	
Tab. 3. Evaluation of masonry quality	
Parameter	Score
OR - horizontal courses	
Respected	2
Partially respected	1
Not respected	0
SG - not aligned vertical joints	
Respected	2
Partially respected	1
Not respected	0
PD - shape and dimension of the stones	
Regular, big stones	2
Regular, medium stones	1.5
Partially regular, medium-size stones	1
Not regular, medium-size stones	0.5
Not regular, little stones	0
MA - quality of mortar	
Good quality mortar	1
Medium quality mortar	0.5
Poor quality mortar or no mortar or too big joints	0
Hollow brick masonry In case of hollow brick masonry with hollow percentage $P > 55\%$, the total score is to be multiplied by $(1 - P)$.	
Evaluation of masonry category	
Total score (I.Q.)	Category
$0.5 \leq I.Q. \leq 1$	Category A
$1 < I.Q. \leq 2$	Category B
$2 < I.Q. \leq 3$	Category C

Tab. 4. Evaluation of a.4																																																																																																				
Level	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
t/t'	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	9.0	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.6	9.7	9.8	9.9	10.0									
η/η'	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	9.0	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.6	9.7	9.8	9.9	10.0									

Tab. 5. Evaluation of a.6																																																																																																				
Level	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Am/At	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	9.0	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.6	9.7	9.8	9.9	10.0									

Tab. 6. Element a.4: torsional effects																																																																																																				
Level	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
a/L	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	9.0	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.6	9.7	9.8	9.9	10.0									
b/L	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	9.0	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.6	9.7	9.8	9.9	10.0									

$R = \frac{A_w}{A_r} \leq 0,2$ being A_w = lateral surface of all the walls of the facade which are continuous from ground to top; A_r = total lateral surface of the facade with its openings. In the figure below there is an example.



Example: $A_w = A_1 + A_2 + A_3$ and $A_r = A_w + R$

$f = \frac{Ax}{At} \cdot \left(1 - \frac{Ay}{At} \right)$ being Ax = A_y = covered area



Figura 7.2.9 Tabella per la valutazione delle carenze strutturali (Fonte: Angeletti, Borri, Longhi, Nasini, Severi (2004) “La legge per la prevenzione sismica in Umbria, Italy”)

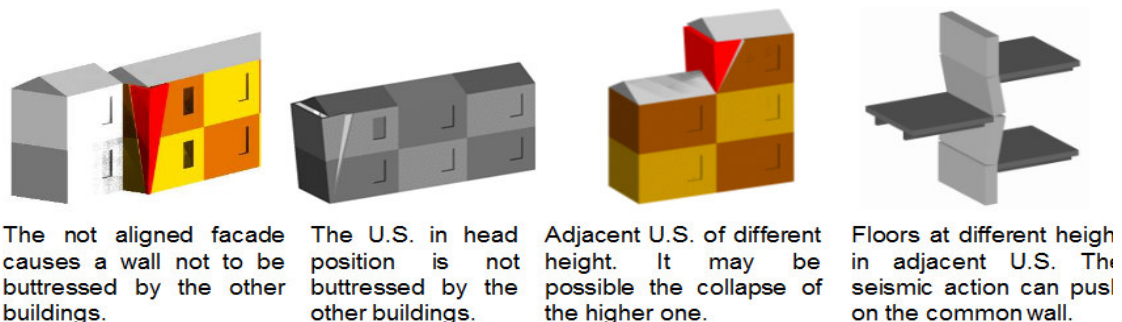


Figura 7.2.10 Esempi di vulnerabilità indotta (Fonte: Angeletti, Borri, Longhi, Nasini, Severi (2004) “La legge per la prevenzione sismica in Umbria, Italy”)

Definizione di vulnerabilità di una singola U.S. e di un aggregato edilizio

Possiamo dire che un'U.S. è vulnerabile se riscontriamo: 1) almeno un elemento di "classe a"; 2) almeno un'associazione particolare tra due elementi di "classe b" o "classe c" nella stessa parte di edificio; 3) almeno una particolare associazione tra un elemento di "classe b" o "classe c" ed un elemento localizzato di "classe a*". Tutte e tre le associazioni definiscono situazioni vulnerabili che non derivano da un modello numerico ma dalla semplice osservazione del reale comportamento sismico della costruzione. La seguente tabella riassume tutte le associazioni vulnerabili tra carenze strutturali. Infine, l'intero aggregato edilizio può essere definito "vulnerabile" se almeno una delle sue U.S. è vulnerabile. In questo caso è possibile chiedere il finanziamento per l'aggregato edilizio.

Soglie definite da un solo elem. di vuln.						
a1	a2	a3	a4	a5	a6	c5
1	2	3	4/5/7	4/5/6	6	7

Soglie definite da un'associazione di due elementi di vulnerabilità																	
	a1*	a2*	a3*	a4*	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	c1	c2	c3	c4	c6
a1*		1/2	1/3		1/4/5	1/5	1/3	1/4	1/5/6	1/5	1/8	1/9	1/3	1/3	1/5	1/5	
a2*	1/2		2/3		2/4/5	2/5	2/3	2/4	2/5/6	2/6	2/8		2/3	2/3	2/5	2/5	
a3*	1/3	2/3			3/4/5		3	3/4					3		3/5	3/5	
a4*						4/5	3/4/5			4/5		4/5/9	3/4/5	3/4/5		4/5	
b1	1/4/5	2/4/5	3/4/5				3/4/5	4/5				4/5/9	3/4/5	3/4/5	4/5		
b2	1/5	2/5		4/5													
b3	1/3	2/3	3	3/4/5	3/4/5												
b4	1/4	2/4	3/4		4/5												
b5	1/5/6	2/5/6															
b6	1/5	2/6		4/5													3/7
b7	1/8	2/8															
b8	1/9			4/5/9	4/5/9												
c1	1/3	2/3	3	3/4/5	3/4/5												
c2	1/3	2/3		3/4/5	3/4/5												1/2/7
c3	1/5	2/5	3/5		4/5												3/4/5
c4	1/5	2/5	3/5	4/5													
c6										3/7				1/2/7	3/4/5		

Figura 7.2.11 Tabella delle associazioni vulnerabili tra carenze strutturali. Le caselle colorate definiscono le associazioni vulnerabili tra le carenze strutturali riportate nella corrispondente riga e colonna. La parte superiore della tabella riguarda le carenze strutturali che definiscono una U.S. vulnerabile senza associazione. I numeri nelle caselle rappresentano la categoria di intervento in grado di risolvere i problemi di vulnerabilità dell'U.S. analizzata.

Scala di priorità degli aggregati edilizi che hanno richiesto il finanziamento

Non essendo possibile finanziare tutte le costruzioni vulnerabili, tra tutti gli aggregati edilizi che superano la soglia di vulnerabilità viene stabilito un ordine di priorità, al fine di scegliere le prime costruzioni da finanziare. La priorità si basa su criteri di pericolosità ed esposizione, riassunti nella seguente tabella. Ai seguenti dieci aspetti viene assegnato un voto da 1 a 3. Il voto totale definisce il livello di priorità dell'aggregato.

SEISMIC PREVENTION: PRIORITY FOR FINANCIAL RESOURCES	
1	Number of vulnerable U.S.
2	Total number of houses with people living inside
3	Vulnerable U.S. - Total number of U.S. ratio
4	Aggregations located in grounds with seismic amplification factor
5	Wideness of the streets around the aggregation
6	Maximum height of the aggregation
7	Aggregation that, if it collapse, stops the access to strategic buildings
8	Maximum height – street wideness ratio
9	Aggregation with public buildings inside
10	Historical or architectural interesting buildings inside the aggregation

Tabella 7.2.1 *Tabella riportante la priorità delle risorse finanziarie nella prevenzione sismica (Fonte: Angeletti, Borri, Longhi, Nasini, Severi (2004) “La legge per la prevenzione sismica in Umbria, Italy”)*

Disegno esecutivo e interventi di consolidamento

Gli aggregati edilizi finanziati presenteranno un disegno esecutivo, sulla base del quale effettueranno gli interventi di adeguamento previsti, che porteranno all'eliminazione di tutte le carenze strutturali dell'aggregato, e non solo quelle identificate in fase di supporto. Dovrà, quindi, essere realizzata una serie di interventi minimi obbligatori di adeguamento. Le specifiche tecniche della legge suggeriscono anche alcuni possibili interventi di consolidamento. Nella tabella delle associazioni vulnerabili sono riportati dei numeri che rappresentano il tipo di intervento che può risolvere la carenza strutturale. Tali interventi sono:

- 1) la realizzazione di collegamenti efficaci tra muri perpendicolari
- 2) la realizzazione di collegamenti efficaci tra pavimenti e muri
- 3) l'applicazione di elementi di collegamento
- 4) l'aumento della resistenza al carico laterale
- 5) adeguamento delle aperture
- 6) il ripristino della resistenza statica di pavimenti e muri
- 7) la realizzazione di giunture antisismiche
- 8) collegamento degli elementi non strutturali
- 9) miglioramento della resistenza delle fondamenta.

Il disegno esecutivo riporta tutte le carenze strutturali dell'aggregato, mediante l'uso dei seguenti pittogrammi.

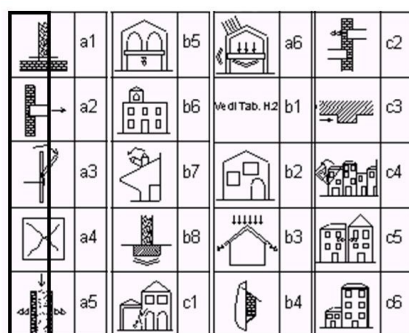


Figura 7.2.12 Pittogrammi rappresentanti le carenze strutturali degli aggregati

Esempio di applicazione: test San Pellegrino

Al fine di verificare quanto sarebbe stata difficile l'applicazione delle specifiche tecniche previste dalla legge, prima della sua pubblicazione sono stati effettuati alcuni test su edifici esistenti. Uno di questi test, qui presentato, riguarda l'aggregato edilizio di tre U.S. in un piccolo borgo vicino a Perugia (Umbria), chiamato San Pellegrino.

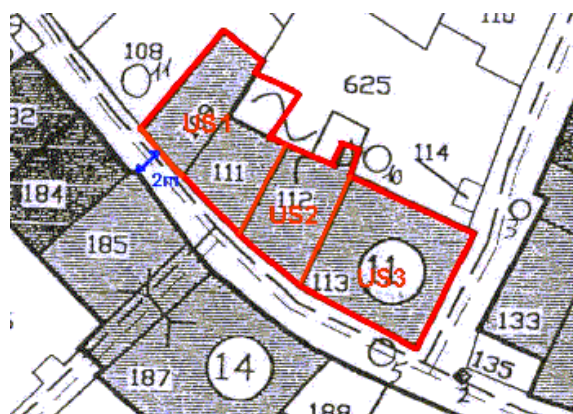


Figura 7.2.13 Visione panoramica dell'aggregato, che ha una dimensione di circa 30m x 11m ed è costituito da tre U.S. Ciascuna U.S., in muratura, e consta di quattro piani.



Figura 7.2.14 Visione del lato settentrionale dell'aggregato. L'aggregato presenta alcune parti più basse.

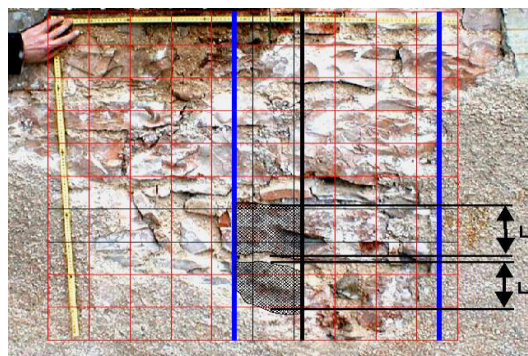


Figura 7.2.15 Valutazione convenzionale dell'efficacia dei collegamenti tra muri perpendicolari. La rimozione dell'intonaco ha richiesto 20 minuti.

Soglie definite da un solo elem. di vuln.																	
a1	a2	a3	a4	a5	a6	c5											
X	X	X	X														
Soglie definite da un'associazione di due elementi di vulnerabilità																	
	a1*	a2*	a3*	a4*	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	c1	c2	c3	c4	c5
a1*		X	X		X		X	X									X
a2*	X		X		X		X	X									X
a3*	X	X			X		X	X									X
a4*							X										X
b1	X	X	X				X										
b2																	
b3	X	X	X	X	X												
b4	X	X	X														
b5																	
b6																	
b7																	
b8																	
c1																	
c2																	
c3																	
c4	X	X	X	X													
c5																	

Figura 7.2.16 Tabella delle associazioni di elementi vulnerabili dell'U.S. 1. Le caselle contrassegnate rappresentano una soglia di vulnerabilità dell'U.S.

I seguenti disegni riportano un esempio di rilievo delle carenze strutturali. L'esempio riguarda l'U.S. 1. Le carenze strutturali sono indicate mediante i pittogrammi.

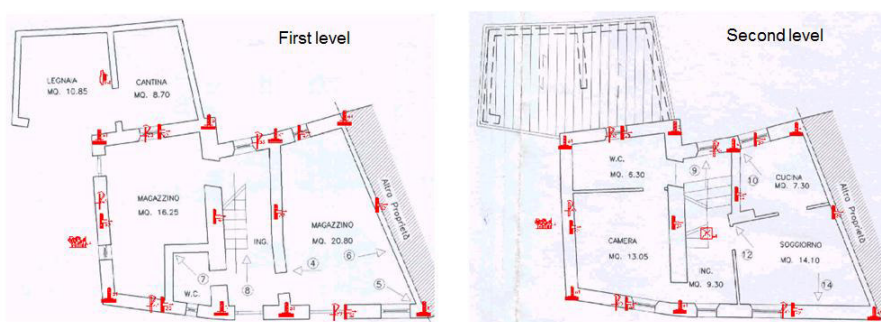


Figura 7.2.17 Esempio di rilievo di carenze strutturali (Fonte: Angeletti, Borri, Longhi, Nasini, Severi (2004) "La legge per la prevenzione sismica in Umbria, Italy")

Bibliografia:

Prof. P. Angeletti, Prof. A. Borri, Eng. F. Longhi, Eng. U. Nasini, Eng. A. Severi (2004) "The law for seismic prevention in Umbria, Italy" - 2004 annual meeting Earthquake Engineering Research Institute, Los Angeles, California, USA, February 4 - 7, 2004 - with a contribution of Eng. Alessandro De Maria for the synthesis

7.3 Casi Studio - Bulgaria

Il territorio della Bulgaria appartiene a una delle zone a maggiore pericolosità sismica della Terra. I terremoti più violenti e più frequenti sulla Terra – circa il 75-80% - si verificano lungo la cintura di fuoco Pacifico. La Bulgaria rappresenta uno dei nodi più attivi in Europa, ed appartiene alla seconda zona sismica al mondo – la catena Alpino-Himalaiana. Qui si verifica il restante 15-20% delle scosse sismiche. Tuttavia, nei Balcani, le scosse sismiche sono 2-3 volte più deboli e meno frequenti rispetto alla maggior parte delle zone attive del Pacifico. Per questo appartiene ad una zona che è seconda al mondo in ordine di pericolosità sismica. (Fig.7.3.1)

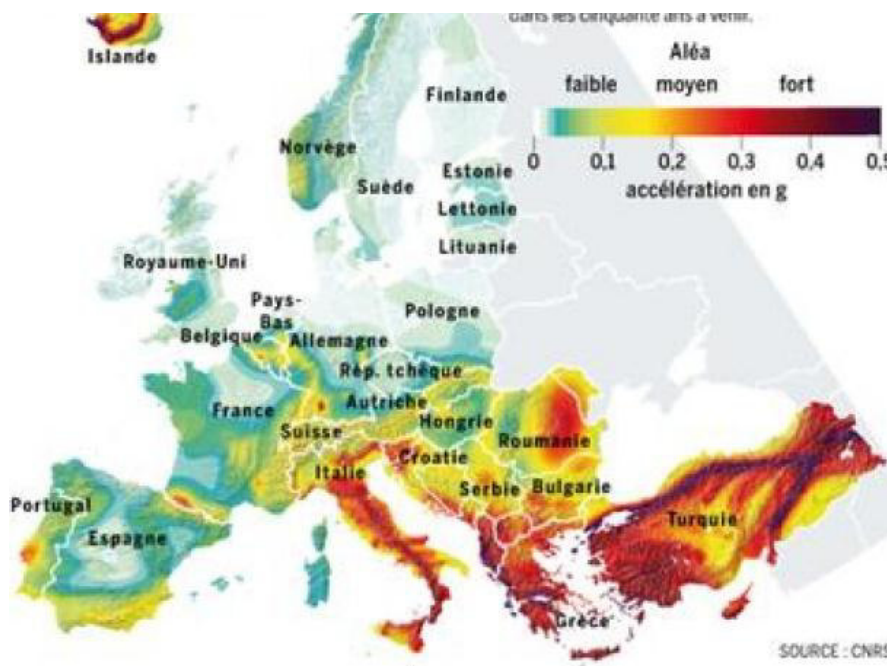


Figura 7.3.1 Mappa delle attività sismiche in Europa (Fonte: www.cnrs.fr)

Allo stesso tempo, il numero di eventi sismici che interessano la Bulgaria è significativamente più basso di quelli che interessano la Turchia e la Grecia, dove però i sismi sono più superficiali. Nella vicina Romania, i sismi sono anche meno frequenti, ma più profondi (100-200 km di profondità) e quindi causano più danni. Queste aree sismiche sono il distretto di Vrancea e l'arco ellenico. I sismi si sentono a grande distanza, come accaduto con il terremoto di Vrancea del 1977 (Fig. 7.3.2).

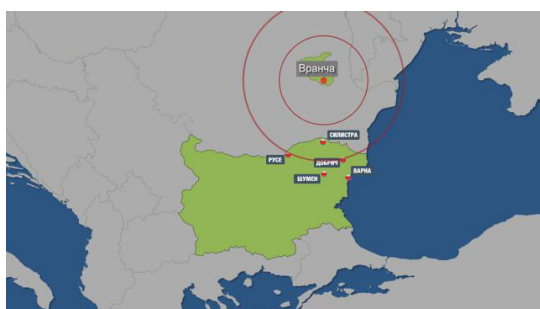


Figura 7.3.2 Terremoto del 1977 a Vrancea ed i suoi effetti a Silistra, Bulgaria (EMSC)

I terremoti con un epicentro nel Mare Egeo hanno anch'essi impatto in Bulgaria.

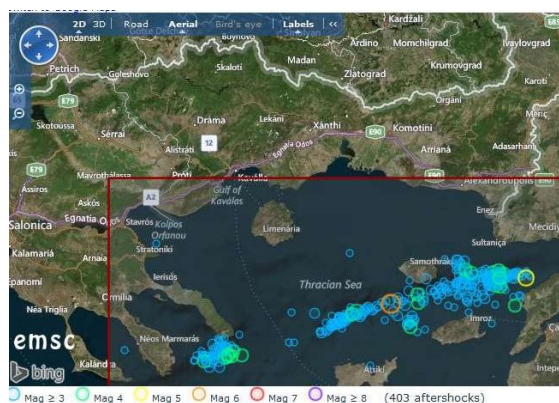


Figure 7.3.3 Terremoto Egeo del 24.05.2014
(<http://earthquake-report.com/>)

ed i suoi effetti a Kardjali, Bulgaria

Identificazione del rischio sismico

La zona sismica dei Balcani è molto particolare. La maggior parte dei terremoti è superficiale, con ipocentro ad una profondità di 60 km nella crosta terrestre ed effetti che si intensificano in superficie. Se la densità della popolazione è alta, come, di conseguenza, lo è il numero degli edifici, il rischio di gravi conseguenze diventa elevato anche se l'intensità del sisma è debole.

L'attività sismica in Bulgaria è elevata: il 97 - 100% del suo territorio è interessato da attività sismiche.

La mappa dell'Istituto Geofisico dell'Accademia delle Scienze Bulgaro (Fig. 4) mostra gli epicentri dei terremoti recenti; quelli con magnitudo pari a 7.0, o superiore, sono indicati in rosso. Tali sismi si sono verificati in:

- Bulgaria sudoccidentale
- Bulgaria centromeridionale
- Bulgaria centrosettentrionale
- Bulgaria nordorientale (in mare)

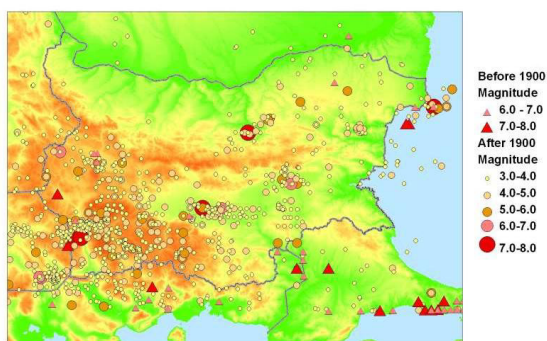


Figura 7.3.4 Mappa delle attività sismiche in Bulgaria (NIGGG, BAS)

Rischio sismico in Bulgaria

Secondo l'Istituto Geofisico dell'Accademia delle Scienze Bulgaro, il 98 % del territorio bulgaro è soggetto ad impatto sismico di intensità di settimo grado, o superiore.

Il 51% del territorio è soggetto a sismi di grado 7, il 28% a sismi di grado 8 ed il 19% a sismi di grado 9, o superiore. 6.340.000 persone, che equivalgono all' 80% circa della popolazione totale, vive in queste aree. I danni nella regione possono essere parziali o totali – 26% degli edifici. Nelle aree in cui l'intensità può arrivare all'ottavo o nono grado della scala MSK-64, vivono circa 5.900.000 persone, ossia il 74% della popolazione totale (Analisi dei rischi nell'ambito del Programma Nazionale per la Protezione da Calamità Naturali (2009-2013), approvato dal Governo Bulgaro, 2009, <http://www.strategy.bg/StrategicDocuments/View.aspx?lang=bg-BG&Id=550>).

Le ricerche sismiche confermano, oltre ogni ragionevole dubbio, il reale pericolo sismico a cui è soggetta la Bulgaria. Il mondo scientifico ha lanciato l'allerta al riguardo e ne valuta le conseguenze. I terremoti degli inizi del XX secolo sono già stati dimenticati e le persone vivono con una sensazione di sicurezza. Le esperienze sismiche passate in Bulgaria e nel resto del mondo, mostrano che le società adottano misure post-factum con rammarico, dopo che una calamità si è verificata.

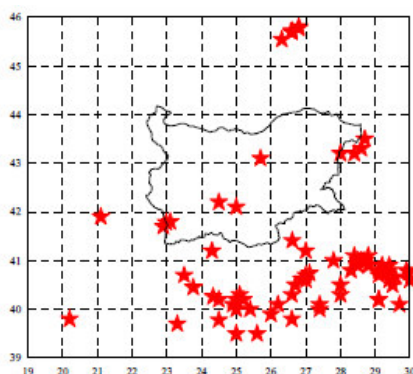


Figura 7.3.5 Sismi con magnitudo pari a 7.0, o superiori, documentati (NIGG, BAS, Bulgaria)

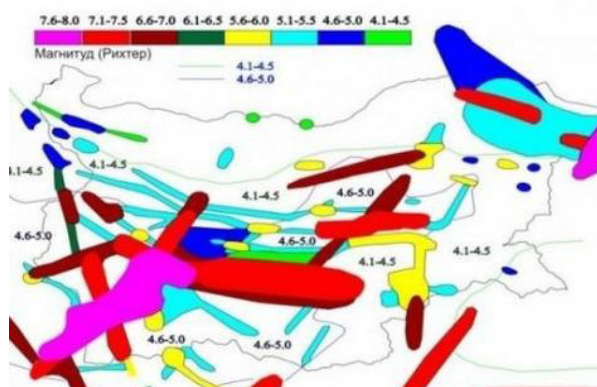
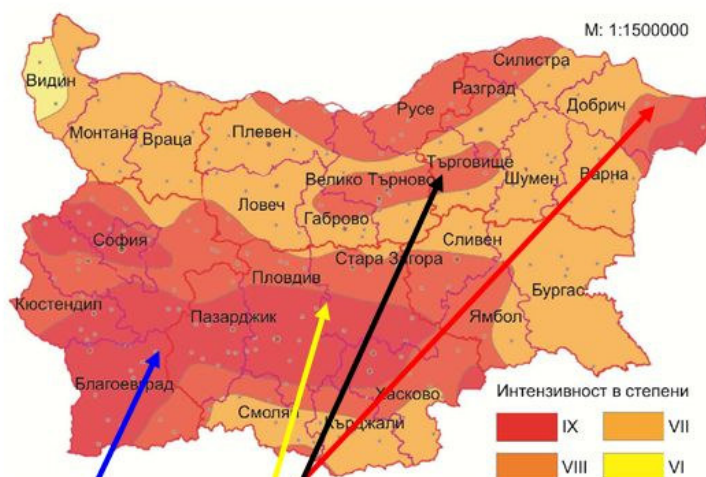


Figura 7.3.6 Mappa dei possibili ipocentri sismici in Bulgaria (PSF)



1. Krupnik-Kresna earthquake zone - last major earthquake in 1904. Estimated magnitude - 7-8 degrees on the Richter scale (X-XI by Medvedev-Shponhoyer-Karnik). Repetition cycle - unknown.

This is the zone with the highest energy potential in the country and one of the highest in Europe. Most endangered places - Kresna, Blagoevgrad, Sandanski, Petrich.

2. Shabla seismic zone - the last big earthquake in 1901. Estimated magnitude - 7-7.5 degree (IX-X in MIBK). Repetition cycle - unknown.

Most endangered places - Shabla, Dobrich, Silistra, Balchik, Kavarna, Varna.

3. Gorna Oryahovitsa earthquake zone - last major earthquake in 1913. Estimated magnitude - 7 degrees on the Richter scale. Repetition cycle - unknown.

Most endangered places - Gorna Oryahovitsa, Veliko Tarnovo

4. Plovdiv-Chirpan (Mariska) earthquake zone - the last big earthquake in 1928. Estimated magnitude - 7 degrees. Repetition cycle - unknown.

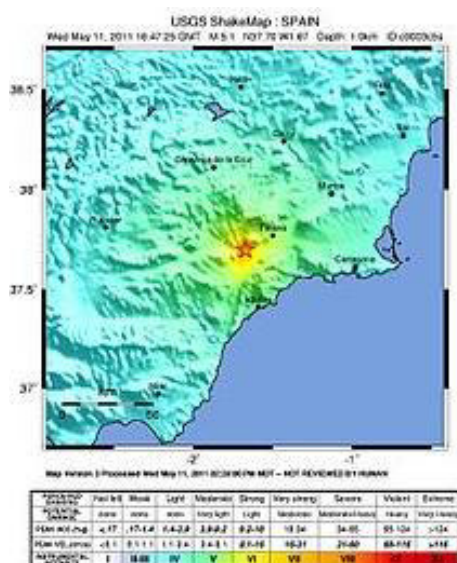
Most endangered settlements - Chirpan, Plovdiv, Stara Zagora.

Figura 7.3.7 Insediamenti più a rischio (NIGGG, BAS)

Oltre alle zone a rischio elevato sopra menzionate, vi sono molte zone a rischio meno elevato, con possibile magnitudo massima da 6.5 a 7, come le zone di Sofia, Provadia e Yambol.

7.4 Casi Studio - Spagna

TERREMOTO DI LORCA, 2011



Data	11 maggio 2011
Magnitudo	5,1 M_W 5.3 M_S
Intensità massima	Grado VIII della scala Mercalli
Accelerazione sismica orizzontale	0,36g
Profondità	1 km
Durata	4-25 secondi
Coordinate dell'epicentro	 37°41'49"N 1°33'22"O (mappa)
Conseguenze	
Aree colpite	Lorca, Región de Murcia,  Spagna
Scosse di assestamento	131
Vittime	9 morti, e 324 feriti, 3 feriti gravi

Figura 7.4.1 Terremoto di Lorca, 2011 (USGS)

Il terremoto di Lorca dell'11 maggio 2011 ha colpito prevalentemente la città Lorca nella Regione di Murcia, Spagna, alle 18:47, ora locale, (16:47 UTC). Il suo epicentro era localizzato nella Faglia di Alhama de Murcia (FAM) ed i suoi effetti si sono sentiti in tutta la Regione di Murcia. Il sisma è stato preceduto da una scossa premonitrice di intensità 4.5, verificatasi alle 17:05, ora locale, del medesimo giorno. Il terremoto è stato percepito anche nelle province di Almeria, Albacete, Granada, Jaen, Malaga, Alicante, Ciudad Real e in parte della città di Madrid, dove il tipo di suolo amplifica i movimenti in certi quartieri (Fig. 7.4.1).

Dopo la scossa principale si sono avute molte scosse di assestamento, la più intensa delle quali si è verificata alle 22:37 ($M=3.9$). Bisogna notare che la Regione di Murcia è una delle zone sismiche più attive della Spagna, tuttavia, la città di Lorca non è una delle città a maggior rischio.

Magnitudo e posizione

La scossa sismica principale è stata di magnitudo 5.1 (M_w), con epicentro a 2 km circa a nordest della città di Lorca. L'epicentro si trovava nel basamento di Barranco Hondo (Lorca) e l'ipocentro a pochissima profondità (circa 1000m). La scossa è stata percepita attraverso la penisola sudoccidentale, specialmente nella regione di Murcia. In quest'area si trova il confine tra la placca eurasiatica e la placca africana. Il sisma è stato il risultato del movimento di faglia. La lunghezza della faglia è di circa 40 – 50 km. Una prima stima da parte dello United States Geological Survey ha riportato una magnitudo di 5.3 (M_w); mentre il Centro Sismologico Euro-Mediterraneo ha stimato una magnitudo di 5.2 (M_L).



Figura 7.4.2 Stazione ferroviaria di Lorca, danneggiata dopo il terremoto di Lorca (<https://commons.wikipedia.org>)

Il sisma, poco profondo e con una magnitudo modesta, è stato percepito attraverso la Regione di Murcia. A Lorca, in prossimità dell'epicentro, è stata stimata un'intensità pari a VII della scala Mercalli.

Danni causati dal sisma



Figura 7.4.3 Chiesa di Santiago, subito dopo il terremoto (<https://commons.wikipedia.org>)

Molti edifici pubblici, edifici abitativi e monumenti facenti parte del patrimonio storico sono stati colpiti dal terremoto (Fig. 7.4.2, 7.4.3). Le aree maggiormente colpite sono state quelle di La Vina ed il centro storico, dove molti edifici in muratura hanno subito danni alle facciate. L'80% delle abitazioni ha subito danni ed alcune hanno dovuto essere demolite nei mesi successivi (Fig. 7.4.4). Il termine ultimo per demolire gli edifici danneggiati, stabilito da Regio Decreto, scadeva all'inizio di settembre. Le abitazioni demolite sono state 1164, a cui si aggiungono diversi altri edifici. Nonostante l'elevato numero di abitazioni colpite, è interessante notare che solo un edificio è crollato durante il terremoto.



Figura 7.4.4 Demolizione di un edificio a Santa Fe Jerome, una scena comune nei mesi successivi al terremoto (<https://commons.wikipedia.org>)

Gli edifici scolastici e gli ospedali sono stati colpiti in misura più o meno grave. L'Istituto Ros Giner (costruito nel 1972) è stato demolito a causa di danni strutturali, l'Istituto Ramón Arcas Mecca (costruito nel 1956) è parzialmente crollato. La demolizione dell'istituto è stata posticipata per poter preservare le sculture di Miguel Fisac Serna, che è stato insignito del Premio Nazionale di Architettura nel 2003. Altri edifici pubblici hanno subito danni, come il Conservatorio di Musica Narciso Yepes, le sedi del Commissariato di Polizia e della Guardia Civile, che è stato demolito per l'entità dei danni strutturali.

Anche le infrastrutture statali hanno subito danni, ma i viadotti e le gallerie dell'autostrada A-7 hanno resistito bene al sisma, riportando solo danni minori. La stazione ferroviaria Sutullena Lorca ha subito gravi danni al piano superiore, che è stato demolito per sicurezza. Per quanto riguarda le infrastrutture idriche, il bacino di Segura non ha riportato danni ai serbatoi di Puentes e Valdeinferno, ma uno smottamento ha colpito due case che condividono l'acqua di uno dei serbatoi.

Il patrimonio culturale del centro storico di Lorca è stato gravemente colpito. Il sindaco di Lorca ha confermato che il terremoto ha causato danni catastrofici al patrimonio culturale, con 33 edifici storici colpiti, incluso il Castello di Lorca. Secondo il Ministro alla Cultura della Regione di Murcia, Lorca ha subito il più grave danno al patrimonio culturale in Europa dopo il terremoto di Assisi del 1997.

Il sisma ha causato nove vittime, incluse due donne incinte ed un ragazzo di 14 anni, e 324 feriti. Due giorni dopo il terremoto è stato celebrato il funerale di stato con solo quattro bare, dato che le altre famiglie hanno scelto di tenere funzioni private. La messa è stata officiata dal Vescovo della Diocesi di Cartagena, alla presenza, tra gli altri, dei Principi delle Asturie, del Primo Ministro spagnolo, del Ministro allo Sviluppo e del Presidente della Regione di Murcia. Il funerale, a cui hanno preso parte quasi tremila persone, è stato celebrato alla fiera di Santa Quiteria per via dei danni subiti dalle chiese della città.



Figura 7.4.6 Indicazioni in verde, giallo, rosso e nero su diversi edifici (<https://commons.wikipedia.org>)

La Protezione Civile e le Unità Militari di Emergenza (UME) hanno iniziato a valutare i danni, mettendo a disposizione dei cittadini di Lorca un ufficio improvvisato in Piazza di Spagna, dove poter ricevere informazioni sullo stato della propria abitazione (Fig. 7.4.6). La Protezione Civile ha adottato un codice di colori per marcare i muri e le porte delle case: verde indicava un'abitazione sicura ed accessibile; giallo permetteva l'accesso solo per la raccolta degli effetti personali; rosso indicava un edificio non accessibile a causa dei danni strutturali subiti.

Quadro giuridico

Primo Regio Decreto-Legge

Il 13 maggio il Consiglio dei Ministri ha approvato il Regio Decreto-Legge 6/2011 che stabiliva i primi aiuti materiali e finanziari per i danni del terremoto. Martedì 17 maggio, nella città di Murcia, fu firmato un accordo tra il Ministero dello Sviluppo, la Regione Autonoma e la Città di Lorca, per la gestione degli aiuti. In base all'accordo, gli aiuti finanziari sarebbero stati garantiti dal Ministero e dall'amministrazione regionale, ciascuno per il 50%. La Protezione Civile ha redatto il "Plan Contigo", un decalogo di semplici raccomandazioni:

- Durante il sisma, se ci si trova in un ambiente interno, bisogna rimanere all'interno e ripararsi sotto un mobile resistente come un tavolo o una scrivania, lontano da finestre, specchi o oggetti che potrebbero cadere.
- Dopo il sisma, evacuando l'edificio, non usare mai l'ascensore ma solo le scale. All'esterno bisogna stare in spazi aperti, lontano dalle facciate degli edifici, da alberi, pali della luce e ponti.
- Se durante il terremoto si è alla guida, bisogna fermare il veicolo, parcheggiarlo in uno spazio aperto, lontano da edifici, e rimanere nel veicolo.
- In ogni caso, la Protezione Civile consiglia di rimanere calmi, accendere la radio o la televisione per tenersi informati, seguire le indicazioni delle autorità ed utilizzare il telefono solo per le chiamate di emergenza.

Consorzio di Compensazione delle Assicurazioni

Il giorno dopo il terremoto, il Ministro delle Finanze ha dichiarato che il Consorzio di Compensazione delle Assicurazioni (CCS), un organismo pubblico facente capo al Ministero, si sarebbe fatto carico di tutti i costi di compensazione dovuti al terremoto. Una prima stima della compensazione totale ammonta a 36 milioni di euro. Tuttavia, il 15 maggio, il Ministro delle Finanze ha portato l'ammontare massimo della compensazione a 70 milioni di euro. Al 4 novembre le richieste erano 30.041, delle quali 28.665 erano state completamente pagate e 459 avevano ricevuto degli acconti di pagamento. L'ammontare totale pagato dal

Consorzio di Compensazione delle Assicurazioni a quella data (4 novembre) superava nettamente, di 262.9 milioni di euro, le prime stime. L'11 maggio 2012, data coincidente con il primo anniversario del terremoto, il Consorzio ha dichiarato di avere soddisfatto 31.562 delle 31.861 richieste, per un totale di 411.3 milioni di euro.

Dopo l'approvazione del Consiglio dei Ministri, il governo ha nominato una commissione per coordinare e monitorare le misure di Stato per la ricostruzione della città di Lorca. Per il recupero dei beni patrimoniali, il Ministero della Cultura ha redatto un Piano di recupero del Patrimonio Culturale di Lorca, comprendente il restauro di 75 monumenti, con un budget di circa 51 milioni di euro. Il piano è stato approvato dal Consiglio dei Ministri il 28 ottobre.

Secondo Regio Decreto-Legge

Nello stesso consiglio, il governo ha definito misure complementari a quelle del RDL 6/2011, elaborate con RDL 17/2011, rispondendo così alla proposta di legge presentata dal Gruppo Parlamentare Popolare alla Camera dei Deputati ed approvata all'unanimità il 13 settembre.

Terzo Regio Decreto-Legge

Con la vittoria del Partito Popolare alle elezioni politiche, il nuovo governo ha deciso di adottare il Regio Decreto-Legge 11/2012 inteso a promuovere la ricostruzione.

Bibliografia

- Ibargüen Soler, J.; Rodríguez Estrella, T. (1996). *Peligrosidad sísmica en la Región de Murcia*. 6th Spanish Congress and International Conference on Environmental Geology and Land-Use Planning. Univ. de Granada, pp. 407-425.
- Martínez Díaz, J. J.; Rodríguez-Pascua, M. A.; Pérez López, R.; García Mayordomo, J.; Giner Robles, J. L.; Martín-González, F.; Rodríguez Peces, M.; Álvarez Gómez, J. A. e Insua Arévalo, J. M. (2011) *Informe geológico preliminar del terremoto de Lorca del 11 de mayo del año 2011, 5.1 M_w*. Instituto Geológico y Minero de España, Grupo de Tectónica Activa, Universidad Autónoma de Madrid y Universidad Rey Juan Carlos de Madrid. 47 págs.

Link

- Wikimedia Commons alberga contenido multimedia sobre el terremoto de Lorca de 2011.
- Wikinoticias tiene noticias relacionadas con el terremoto de Lorca de 2011.
- Reporte del terremoto de Lorca (en inglés).
- Terremoto en Lorca Noticia del 12 de mayo de 2011.
- Mapa de peligrosidad sísmica en la Región de Murcia, (IBARGÜEN Y RODRÍGUEZ ESTRELLA, 1996)
- Caída de la fachada de una iglesia - YouTube
- https://es.wikipedia.org/wiki/Terremoto_de_Lorca_de_2011 - cite_note-66

8. Glossario e Acronimi

Accelerogramma

Diagramma in funzione del tempo che rappresenta le accelerazioni indotte al suolo da un sisma.

Accelerografo

Strumento che registra le accelerazioni indotte al suolo da un sisma; comunemente chiamato anche accelerometro.

Faglia attiva

Una faglia ritenuta in grado di causare altri sismi in futuro. Le faglie vengono generalmente considerate attive se hanno fatto registrare dei movimenti negli ultimi 10.000 anni.

Scosse di assestamento

Le scosse di assestamento sono scosse sismiche che seguono ad una scossa principale o ad una sequenza sismica. Le scosse di assestamento sono più lievi della scossa principale e possono continuare per settimane, mesi o anni. In generale, più è intensa la scossa principale, più intense e numerose sono le scosse di assestamento, e più perdurano nel tempo.

Onda di volume

Un'onda sismica che viaggia in tutte le direzioni attraverso l'interno della Terra.

Disastro

Evento che causa gravi problemi all'economia, alla società e all'ambiente. La sua origine o causa può derivare direttamente da fenomeni naturali, geofisici (eventi vulcanici o sismici che determinano il crollo di infrastrutture, frane o liquefazione, ecc.) o climatici (uragani, tifoni, trombe d'aria, grandi variazioni nelle precipitazioni, sia in eccesso con conseguenti alluvioni, sia in difetto con conseguente siccità). Anche se generalmente non contemplati dalla metodologia, i disastri possono avere anche origine umana o antropica, come nel caso di inquinamento chimico, incidenti industriali, eventi volontari come guerre, attacchi terroristici, ecc.

Piano di riduzione del rischio di disastro

Un documento redatto da autorità, organizzazioni, settori, enti, che definisce gli obiettivi generali e specifici per la riduzione dei rischi da disastro e le azioni necessarie a raggiungere tali obiettivi.

Sistema di allerta precoce

L'insieme delle capacità necessarie per generare e diffondere opportune informazioni di allerta che permettano alle singole persone, alle comunità ed alle organizzazioni minacciate da un pericolo, di prepararsi e di agire in maniera corretta ed in tempo per ridurre al massimo le possibilità di perdita di vite umane e beni.

Terremoto (Sisma)

Termine usato per descrivere sia il movimento improvviso di una faglia, sia il conseguente movimento vibratorio della terra e l'energia sismica irradiata dal movimento tettonico, dall'attività vulcanica o magmatica, o da altri stress improvvisi da cambiamento che si verificano all'interno della terra.

Pericolo di terremoto

Il pericolo di terremoto è il pericolo associato ad un qualunque evento sismico che può minacciare le normali attività delle persone. Tali eventi includono faglie superficiali, vibrazioni del suolo, frane, liquefazioni, deformazioni tettoniche, tsunami, ecc.

Rischio di terremoto

Il rischio di terremoto è la probabilità che gli edifici subiscano danni e la popolazione possa subire lesioni o perdite di vite a seguito di un evento sismico che interessi una determinata faglia.

Energia elastica

L'energia accumulata nella Terra durante una deformazione elastica.

Gestione dell'emergenza

L'organizzazione e la gestione delle risorse e delle responsabilità per far fronte a tutti gli aspetti delle emergenze, in particolare la prontezza, la risposta e le prime fasi della ripresa.

Epicentro

L'epicentro è il punto sulla superficie terrestre situato sulla verticale dell'ipocentro (o fuoco), punto della crosta terrestre dove ha avuto origine il sisma.

Esposizione

Persone, proprietà, sistemi, o altri elementi presenti nella zona a rischio che, pertanto, sono soggetti a potenziali perdite.

Faglia

Una faglia è una frattura ai due lati della quale i blocchi di crosta terrestre si sono spostati l'uno rispetto all'altro in senso parallelo alla frattura.

Profondità del fuoco

La profondità del fuoco è la profondità dell'ipocentro di un sisma.

Fuoco o Ipocentro

L'ipocentro è il punto all'interno della terra in cui ha origine il sisma. L'epicentro è il punto sulla superficie terrestre, situato sulla verticale del punto di origine.

Scossa premonitrice

Le scosse premonitrici sono relativamente più deboli della scossa principale che precedono in serie e con cui terminano. Non tutte le scosse principali sono precedute da scosse premonitrici.

Pericolo

Fenomeno, sostanza, attività umana o condizione pericolosa che può causare perdita di vite umane, lesioni o altri problemi alla salute, danni a proprietà, perdita di mezzi di sostentamento e servizi, disgregazione sociale o economica e danni ambientali.

Intensità

L'intensità è un numero (scritto in numeri romani) che descrive la gravità di un sisma in termini di effetti sulla superficie terrestre, sulle persone e sulle loro strutture. Esistono diverse scale di intensità, ma la più usata è la scala Mercalli modificata. A differenza della magnitudo, che è un numero unico che caratterizza ciascun sisma, per ogni terremoto possono esservi diverse intensità, a seconda del luogo in cui questa viene misurata.

Isosismica (linea)

Una linea isosismica è una linea su una mappa che unisce tutti i punti in cui un determinato evento sismico si è manifestato con la stessa intensità.

Frana

Una frana è un movimento superficiale di materiale lungo un pendio.

Liquefazione

Un processo mediante il quale il sedimento saturo d'acqua perde temporaneamente consistenza e si comporta come un fluido (come quando muovete le dita dei piedi nella sabbia lungo il bagnasciuga). Questo effetto può essere causato dalle vibrazioni sismiche.

Vie di comunicazione vitale

Le vie di comunicazione vitale sono vie importanti o critiche per il funzionamento di una comunità, come linee ferroviarie, tubature, linee elettriche, fogne, comunicazioni e servizi portuali.

Litosfera

Parte esterna solida della Terra, che include la crosta terrestre ed il mantello superiore. La litosfera è spesso all'incirca 100 km, anche se il suo spessore dipende dall'età. La litosfera situata sotto la crosta terrestre, in alcuni punti, è sufficientemente fragile da causare sismi per effetto di faglia, come all'interno di una placca oceanica subducente.

Magnitudo

La magnitudo è un numero che caratterizza la dimensione relativa di un terremoto. La magnitudo si basa sulla misura del movimento massimo registrato dal sismografo. Sono state definite diverse scale. Quelle più comunemente usate sono: magnitudo locale (M_L), comunemente definita anche "Scala Richter", magnitudo dell'onda superficiale (M_s), magnitudo dell'onda di volume (M_b), e magnitudo del momento sismico (M_w). Tutte le scale di magnitudo dovrebbero assegnare approssimativamente lo stesso numero a ciascun sisma.

Scossa principale

La scossa principale è la scossa più grande di una sequenza; a volte è preceduta da una o più scosse premonitrici e, quasi sempre, è seguita da diverse scosse di assestamento.

Mitigazione

La riduzione o limitazione delle conseguenze negative dei pericoli e delle relative calamità.

Rischio naturale

Processo naturale o fenomeno che può causare la perdita di vite umane, lesioni o altri impatti sulla salute, danni a proprietà, perdita di mezzi di sostentamento e servizi, difficoltà economiche e sociali e danni ambientali.

Dorsale oceanica

Una dorsale oceanica è una frattura che attraversa la crosta oceanica, da cui fuoriesce materiale magmatico proveniente dal mantello, che crea nuova crosta. Questa frattura è identificabile sui fondali oceanici come una catena montuosa formata per raffreddamento e solidificazione del materiale magmatico risalito e giunto in superficie.

Onda P

Un'onda P, o onda di compressione, è un'onda sismica di volume che fa vibrare il suolo avanti e indietro nella stessa direzione di propagazione dell'onda.

Placche (Zolle)

Grandi segmenti o blocchi, quasi rigidi, ma ancora mobili, formati dalla crosta terrestre e dalla parte superiore del mantello, coinvolti nelle tettonica a placche (o a zolle).

Tettonica a placche (Tettonica a zolle)

La tettonica a placche è una teoria, supportata da una vasta gamma di prove, che considera la crosta terrestre e la parte superiore del mantello composta da diverse grandi placche, sottili e relativamente rigide, che si muovono l'una rispetto all'altra. Lo scorrimento su faglie, che definiscono i confini delle placche, è spesso causa di terremoti. Tra una placca e l'altra possono esservi diversi tipi di faglie, incluse le faglie inverse a scorrimento orizzontale, lungo le quali il materiale della placca subduce o viene consumato nel mantello, dorsali oceaniche di espansione lungo le quali viene prodotto nuovo materiale della crosta, e trasformano le faglie che permettono uno scorrimento orizzontale tra due placche adiacenti.

Preparazione

Conoscenza e capacità sviluppate da governi, professionisti e organizzazioni, comunità e singoli individui, per anticipare efficacemente, rispondere adeguatamente, recuperare rapidamente dall'impatto di eventi calamitosi probabili, imminenti o correnti.

Prevenzione

Il vero e proprio contenimento delle conseguenze negative dei pericoli e delle relative calamità.

Sensibilizzazione del pubblico

L'entità della conoscenza generale dei rischi di calamità, dei fattori che portano al verificarsi di un disastro e delle azioni che possono essere fatte dal singolo e dalla comunità per ridurre l'esposizione e la vulnerabilità ai pericoli.

Onde P

Onde primarie o che procedono più veloci delle altre dall'origine del sisma. Queste onde consistono in una serie successiva di compressioni e dilatazioni parallele alla direzione di propagazione delle onde stesse.

Recupero

Il ripristino ed il miglioramento, ove necessario, delle strutture, dei mezzi di sussistenza e delle condizioni di vita delle comunità colpite da calamità, inclusi gli sforzi di ridurre i fattori di rischio di calamità.

Capacità di recupero

La capacità di un sistema, una comunità o società esposti ad una calamità, di resistere, assorbire, adattarsi e riprendersi dagli effetti della calamità in maniera ragionevolmente rapida ed efficace, anche attraverso la preservazione ed il ripristino delle strutture e delle funzioni base essenziali. La capacità di recupero di una comunità rispetto ad un potenziale pericolo è determinata dalla disponibilità di risorse e dalla capacità di organizzazione prima, durante e dopo l'evento.

Risposta

Disposizione di servizi di emergenza ed assistenza pubblica durante o immediatamente dopo un evento calamitoso, al fine di salvare vite umane, ridurre gli impatti sulla salute, assicurare la sicurezza pubblica e soddisfare le necessità fondamentali di sussistenza delle persone colpite.

Scala Richter

La scala di magnitudo di Richter fu sviluppata nel 1935 da Charles F. Richter dell'Istituto di Tecnologia della California, come strumento matematico per paragonare l'entità dei sismi. La magnitudo di un terremoto viene determinata come logaritmo dell'ampiezza delle onde registrate dai sismografi. Fattori di correzione annullano le variazioni date dalla distanza dei diversi sismografi dall'epicentro del sisma. Nella scala Richter la magnitudo è espressa con numeri interi e frazioni decimali. Per via della base logaritmica della scala, ciascun incremento di magnitudo pari ad un numero intero, rappresenta un incremento in ampiezza pari a dieci volte; per la stima dell'energia, ciascun incremento di magnitudo pari ad un numero intero, corrisponde ad un rilascio di energia 31 volte superiore all'energia associata al valore numerico inferiore.

Rischio

Probabilità che un evento calamitoso si verifichi e le relative conseguenze potenziali.

Valutazione di rischio

Metodo per determinare la natura e l'entità di un rischio, analizzando i pericoli potenziali e valutando le condizioni di vulnerabilità esistenti che, nell'insieme, possono minacciare le persone esposte, le loro proprietà, i servizi, i mezzi di sostentamento e l'ambiente da cui esse dipendono.

Gestione del rischio

L'approccio sistematico e pratico di gestione dell'incertezza per minimizzare i danni e le perdite potenziali.

Onda S

Un'onda S, o onda trasversale, è un'onda sismica di volume che fa vibrare il suolo avanti e indietro in senso perpendicolare alla direzione di propagazione dell'onda.

Sismicità

La sismicità si riferisce alla distribuzione storica e geografica dei sismi.

Pericolo sismico

Effetto fisico, come vibrazione del suolo, fratturazione, frane e liquefazione, che rappresentano il potenziale pericolo di un terremoto.

Rischio sismico

Probabilità di perdita di vite umane e proprietà a causa del rischio rappresentato da un sisma.

Onde sismiche

Onde prodotte da un sisma, incluse sia le onde di volume, sia le onde di superficie.

Sismogramma

Un sismogramma è un grafico risultante dalle registrazioni fatte da un sismografo in risposta a movimenti del suolo prodotti da terremoti, esplosioni, o altre fonti.

Sismografo

Un sismografo, o sismometro, è uno strumento usato per determinare e registrare i sismi. Generalmente consiste in una massa attaccata ad una base fissa. Durante un sisma la base si muove mentre la massa rimane ferma. Il movimento della base rispetto alla massa viene generalmente trasformato in voltaggio elettrico. Il voltaggio elettrico viene registrato su carta, nastro magnetico, o altro mezzo. La registrazione è proporzionale al movimento della massa del sismometro relativamente alla terra, ma può essere convertito matematicamente in un valore di moto assoluto del suolo.

Sismologia

La sismologia è lo studio dei sismi e delle strutture della Terra, attraverso onde sismiche generate in modo sia naturale, sia artificiale.

Subduzione

La subduzione è un processo mediante il quale la litosfera oceanica collide e discende al di sotto della litosfera continentale.

Onde superficiali

Onde sismiche che si propagano guidate lungo la superficie terrestre con una velocità inferiore a quella delle onde S. Esistono due tipi di onde di superficie, di Rayleigh e di Love.

Placche tettoniche (Zolle tettoniche)

Le placche tettoniche sono grandi placche, quasi rigide, che si muovono le une rispetto alle altre sul mantello terrestre.

Tsunami

Uno tsunami è un'onda marina di origine prossima alla costa o distante, risultante da movimenti del fondale su larga scala, associati a grandi sismi, grandi frane sottomarine, o esplosioni di isole vulcaniche.

Vulnerabilità

Le caratteristiche e circostanze che rendono una comunità, un sistema o un assetto suscettibili a danni causati da potenziali pericoli.

Acronimi

EERI Earthquake Engineering Research Institute

EPPO Earthquake Planning and Protection Organization

FEMA Federal Emergency Management Agency

GEER Geotechnical Extreme Events Reconnaissance

G.I. Institute of Geodynamics

GSCP General Secretariat for Civil Protection in Greece

INSARAG International Search and Rescue Advisory Group

ITSAK Institute of Engineering Seismology and Earthquake Engineering

MCEER Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research

NOA National Observatory of Athens

OCHA Office for the Coordination of Humanitarian Affairs

RACCE Raising Awareness and Coping Children's Emotions project

SRA Seismic Rehabilitation Agency

TEI Technological Educational Institute

UNDRR United Nations Disaster Risk Reduction

UNISDR United Nations International Strategy for Disaster Reduction

USAR Urban Search and Rescue

USGS U.S. Geological Survey

NIGGG, BAS - National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography, Bulgarian Academy of Sciences

9. Riferimenti bibliografici

ISDR (2009). UNISDR Terminology on Disaster Risk, 35p (www.unisdr.org/we/inform/terminology)

USGS. <http://earthquake.usgs.gov/learn/glossary>

Capitolo sulla Descrizione del Rischio

Letteratura

Boyko, R., (2003). Classification and Description of the Secondary Effects Accompanying Earthquakes with Different Magnitudes. European Commission, DIRECTORATE GENERAL JRC JOINT RESEARCH CENTRE.

Environmental Literacy Council of National Science Teachers Association, (2007). Earthquakes, Volcanoes, and Tsunamis. National Science Teachers Association.

Kearey, P., (1993). The Encyclopedia of the Solid Earth Sciences. Blackwell Science Ltd.

Papazachos, B.C., Comninakis, P.E., Karakaisis, G.F., Karakostas, B.G., Papaioannou, Ch.A., Papazachos, C.B. and E.M. Scordilis (2000). A catalogue of earthquakes in Greece and surrounding area for the period 550BC-1999, Publ. Geophys. Laboratory, University of Thessaloniki, 1, 333pp.

Papazachos, B. & Papazachou, C., (1997). The earthquakes of Greece. P. Ziti & Co.

Pavlidis, S., (2003). Geology of Earthquakes: Introduction to Neotectonics, Morphotectonics and Palaeoseismology.

Press, F. & Siever, R., (1997). Understanding Earth. W. H. Freeman and Company.

Skinner B.J., Porter S.C., & Park J. (2004) Dynamic Earth: An introduction to Physical Geology. Wiley Inc.

Van Andel, T. H., (1985). New views on an old planet: Continental drift and the history of the earth. Cambridge University Press.

Van der Pluijm, Ben A. & Marshak, S., (2004). Earth structure. W. W. Norton & Company, Inc.

Yeats, R. S., Sieh, K. & Allen, C.R., (1997). The Geology of Earthquakes. Oxford University Press.

Fonti Internet

<http://www.tulane.edu/~sanelson/geol204/index.html>

<http://www.usgs.gov>

<http://www.jma.go.jp>

<http://www.wikipedia.org/>

www.elsevier.com/locate/geomorph

<http://www.bgs.ac.uk/discoveringGeology/hazards/earthquakes/locatingQuakes.html>

http://racce.nhmc.uoc.gr/files/items/9/910/2_theoretical_booklet.pdf

<http://racce.nhmc.uoc.gr/en/downloads/ekpai/videos.html>

<http://www.iris.edu/news/events/japan2011/>

Capitolo sulla Mappa di Pericolosità e Rischio Sismico della Grecia

EPPO website: www.oasp.gr

EU (1996). Guidance on risk assessment at work, 64p

OPUS (2005). Earthquake Risk Assessment Study, Earthquake Hazard and Risk Assessment Project, 76p

https://osha.europa.eu/en/topics/riskassessment/index_html

<http://www.ready.gov/risk-assessment>

<http://earthquake.usgs.gov/research/hazrisk>

Capitolo sulla Mappa di Pericolosità e Rischio Sismico della Spagna

BOE (1995) Decision dated 5 May 1995 of the Ministry of Home Affairs that publishes the agreement of the Council of Ministers to approve the Basic Civil Protection Planning Guidelines for Seismic Risk.

Tenerife Island Council. Risk Analysis. Chapter III of Tenerife Island's Civil Protection Regional Insular Emergency Plan.

Garcia C., A. (2014). Introducción al análisis de los riesgos geológicos (Introduction to the Analysis of Geological Risks). University of Granada.

Generalitat Valenciana (GVA) – Seismic Risk.

IGM (Instituto Geológico y Minero, the Geological and Mining Institute).

Impact analysis of geological risks in Spain. Assessment of losses due to earthquakes and flooding during the 1987-2001 period, and estimates for the 2004-2033 period.

IGN (Instituto Geográfico Nacional, the National Geographic Institute). Seismicity map.

Report on the Lorca earthquake of 11 May 2011.

Autonomous Government of Andalusia. Emergency Plan for Seismic Risk in Andalusia.

Pacuals S. G., Gonzalez L. S. and Alguacil A. L. (2012) “Análisis de Consecuencias y Actuaciones de Protección Civil en el Terremoto de Lorca (Murcia): Pre-Emergencia, Emergencia y Post-Emergencia” (Analysis of the Consequences and Civil Protection Actions in the Lorca Earthquake (Murcia): Pre-Emergency, Emergency and Post-Emergency).

Spain Civil Protection - Earthquakes.

National Civil Protection Plan for Seismic Risk.

Self-Protection Measures to be Carried Out During an Earthquake.

Tracking Report for Seismicity in the Gulf of Valencia (2013).

Analysis of Consequences and Civil Protection Actions in the Lorca Earthquake (Murcia): Pre-Emergency, Emergency and Post-Emergency. *Física de la Tierra*, Volume 24 (2012), pages 343-362.

Recommendations – Vademecum Remer.

Region of Murcia. Special Civil Protection Plan for Seismic Risk in the Region of Murcia.

Sanmartin-Burruezo M.P. et al (2015). Las medidas de salud pública ante una catástrofe: a propósito del terremoto de Lorca en 2011 (Public Health Measures in the Event of a Disaster: Resulting from the 2011 Lorca Earthquake). Salud Ambient magazine. p. 49-58

Vulnerability and Risk Assessment (1994). Disaster Management Training Programme (DMTP), United Nations.

Capitolo sulla Prevenzione e Mitigazione

E.P.P.O. (2012). Leaflet “Roles and Responsibilities”, Athens, 6p

E.P.P.O. (2014). Leaflet “Earthquake Planning Workshops”, Athens

E.P.P.O. (2012). “Code of structural interventions 2012 final harmonized text” Athens, 348p

FEMA (2011). “FEMA Mitigation and Insurance Strategic Plan”, 40p

ELSTAT (2009). Concise statistical yearbook 2009, 327p

FEMA. Website: <http://www.fema.gov/what-mitigation>

Website: [http://www.britannica.com/EBchecked/topic/176199/earthquake/59574/](http://www.britannica.com/EBchecked/topic/176199/earthquake/59574/Methods-of-reducing-earthquake-hazards) Methods-of-reducing-earthquake-hazards

K. Stylianidis, A. Sextos, D. Panagiotopoulou and M. Panoutsopoulou (2014). “Pre-earthquake evaluation, assessment and strengthening of existing public buildings” International Workshop on Seismic Hazard and Earthquake Engineering, Technological Institute of Ionian Islands, Cephalonia, Greece, September 2014.

E. Lekkas, D. Minos – Minopoulos & E. Stefanidou (2010). “Emergency planning for the municipality of Kos, Kos Island, Greece” Geologically Active – Williams et al. (eds) Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-60034-7

UNISDR (2009). “Terminology”, <http://www.unisdr.org/we/inform/terminology>

ISDR-PPEW (2005a). “Many of the points presented in this paper have been discussed and illustrated in the early warning web pages of the ISDR. The 4-element view of effective people-centred early warning systems is discussed at <http://www.unisdr.org/ppew/whats-ew/basics-ew.htm> and in ISDR-PPEW (2005b). ISDR Platform for the Promotion of Early Warning (PPEW), Bonn.

USGS Website. <http://earthquake.usgs.gov/research/earlywarning>

Capitolo sulla Preparazione

EPPO (2014). “Protective Measures - Post Disaster Period”, Athens, 16p

EPPO (2013). “Get Ready for the Earthquake. Follow 5 steps”, Athens, 8p

EPPO (2012). "Model School Emergency Plan", Document 824/11-4-2012, 24p

GSCP (2012). "Civil Protection Actions on Earthquake Management", Circular 2450, 35p

UN/ISDR (2005). "Hyogo Framework for Action 2005–2015", *World Conf. on Disaster Reduction*, Kobe Japan.

U.S. Department of Homeland Security (2011). "National Preparedness Plan"

FEMA. website: <http://www.fema.gov/national-preparedness-cycle>

EPPO. website: www.oasp.gr

RACCE. website of "Raising Earthquake Awareness and Coping Children's Emotions" Project, www.racce.nhmc.uoc.gr

Ready. website: <http://www.ready.gov/are-you-ready-guide>

Capitolo sulla Risposta

Anagnostopoulos S. (2003). "Peadaab Post Earthquake Damage and usability assessment of Buildings - Post-Earthquake Emergency Assessment of Building Safety Field Manual" 61p

GSCP (2012). Circular (2450/9-4-2012) "Planning and civil protection actions addressed on earthquake risk issues"

EPPO (2014). "Protective Measures - Post Disaster Period", 16p

EPPO (2003) "Prevention & Mitigation of the Psychosocial Consequences of Earthquakes", Athens 103p

EPPO (2000) "One year after the Athens 7-9-199 Earthquake", Athens 15p

Martin J. Course "Earthquake Hazard and Emergency Management" Session "Earthquake Disaster Response and Recovery" (<https://training.fema.gov/emiweb/downloads/earthquakeem>)

Ocha United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs <http://www.unocha.org/what-we-do/coordination-tools/insarag/overview>

Pomonis A. (2002). "The Mount Parnitha (Athens) Earthquake of September 7, 1999: A Disaster Management Perspective" *Natural Hazards* 27: 171–199.

UNISDR (2009): "Terminology", <http://www.unisdr.org/we/inform/terminology>

University of Florida (1998): "The Disaster Handbook 1998 National Edition Institute of Food and Agricultural Sciences University of Florida - Section 3.7 The Role of G B.

Capitolo sul Recupero

Comerio M. C. (1998). "Disaster hits home: New policy for urban housing recovery". Berkley and Los Angeles CA: University of California Press.

Dandoulaki M. (2008). "Spatial planning and earthquake protection in Greece". PhD Thesis, National Technical University of Athens (in Greek).

- ECPFE (2000). "Athens Earthquake of September 1999". Newsletter iss. N. 3, Athens
- EPPO (2014). "Protective Measures - Post Disaster Period", Athens
- GEER/EERI/ATC (2014). Earthquake Reconnaissance Cephalonia, Greece Events, Version 1.
- Peacock W.C., Girard C. (1997). "Ethnic and racial inequalities in hurricane damage and insurance settlements". In Peacock, W.C., Morrow, B. H., & Gladwin H. (eds). "Hurricane Andrew: Ethnicity, gender and the sociology of disasters" (pp. 135-145). London and New York Routledge.
- Pomonis A. (2002). "The Mount Parnitha (Athens) Earthquake of September 7, 1999: A Disaster Management Perspective" *Natural Hazards* 27: 171–199.
- Jie-Ying W., Lindell M. (2003). "Housing Reconstruction after Two Major Earthquakes: The 1994 Northridge Earthquake in the United States and the 1999 Chi-Chi Earthquake in Taiwan"
- Johnson C. (2007). "Impacts of prefabricated temporary housing after disasters: 1999 earthquakes in Turkey". *Habitat International* 31 36–52
- Quarantelli E. L. (1999). *The Disaster Recovery Process: What We Know and Do Not Know from Research.* Newark: Disaster Research Center, University of Delaware.
- UNDRO (1982). *Shelter after disaster: Guidelines for assistance.* New York: UNDRO.
- UN/ISDR (2005). *Hyogo Framework for Action 2005 – 2015.* World Conference on Disaster Reduction - Kobe Japan.
- UN World Conference on Disaster Risk Reduction, (2015). "Reconstructing after disasters: Build back better". Ministerial Roundtable 14-18 March 2015, Sendai, Japan



Natural History Museum of Crete - University of Crete, GRECIA



**Technical University of Crete - Laboratory of Distributed
Multimedia Information Systems and Applications, GRECIA**



Consorci de la Ribera, SPAGNA



Beigua UNESCO Global Geopark, ITALIA



Earthquake Planning & Protection Organisation, GRECIA



**Fondazione Hallgarten-Franchetti Centro Studi Villa
Montesca, ITALIA**



Centre for Educational Initiatives, BULGARIA

www.evande.eu