
Prof. Alessandro Pagliaroli
Dipartimento di Ingegneria e Geologia
Università di Chieti Pescara

EFFETTI DI SITO E
MICROZONAZIONE SISMICA

Alessandro Pagliaroli

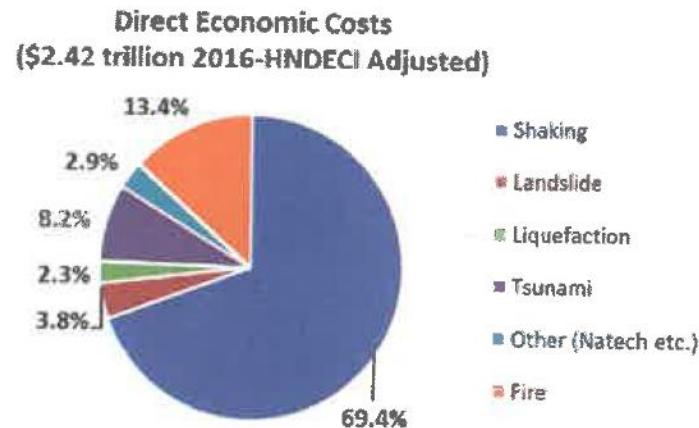
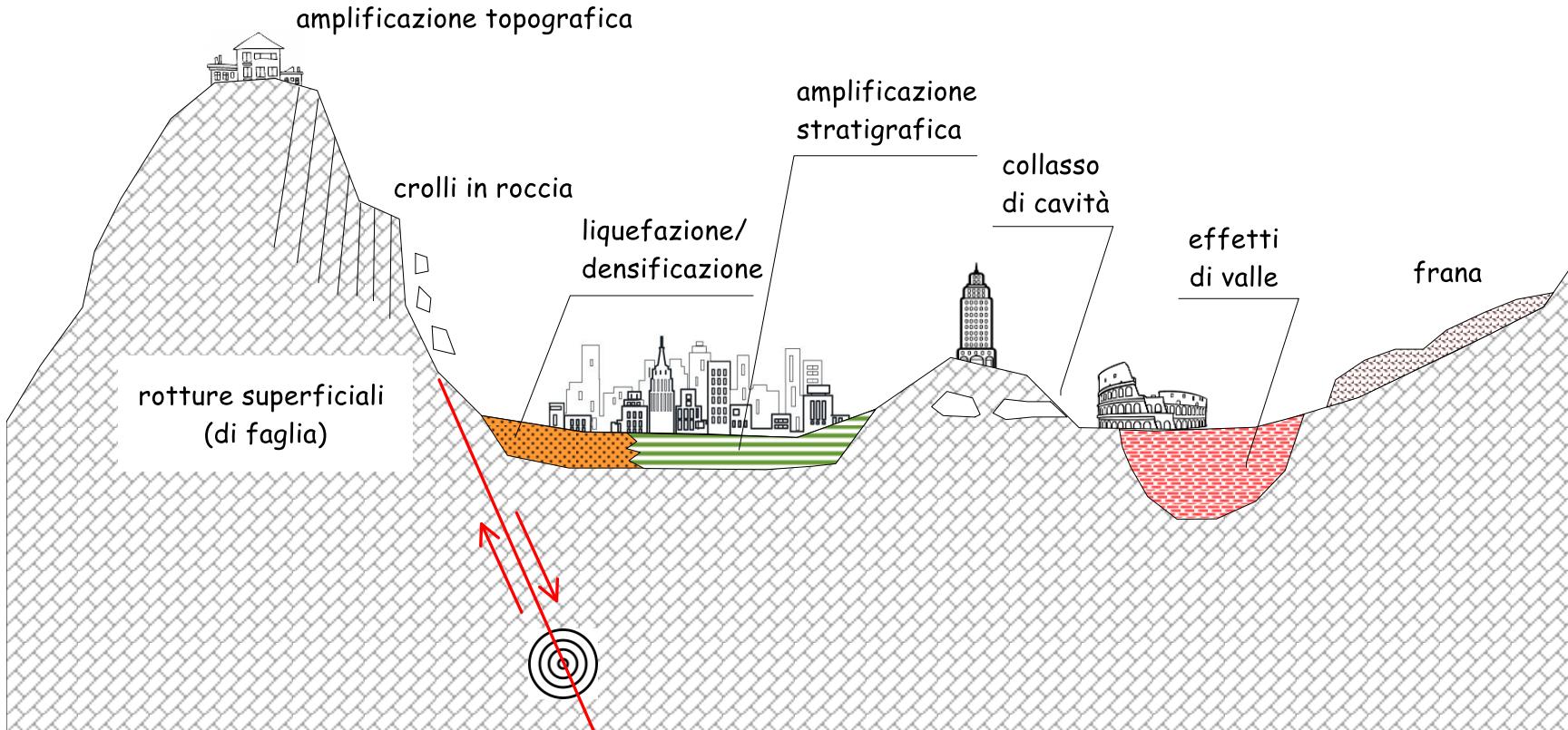
L'Ingegnere Italiano

Webinar su:
Le sfide dell'ingegneria
geotecnica

*Progettare bene, realizzare rispettando l'ambiente,
imparare a conservare*

3 dicembre 2025

Scenari di pericolosità sismica locale



Perdite economiche dovute a 9020 terremoti accaduti dal 1900 al 2016
(Fonte: Allen et al. 2017)

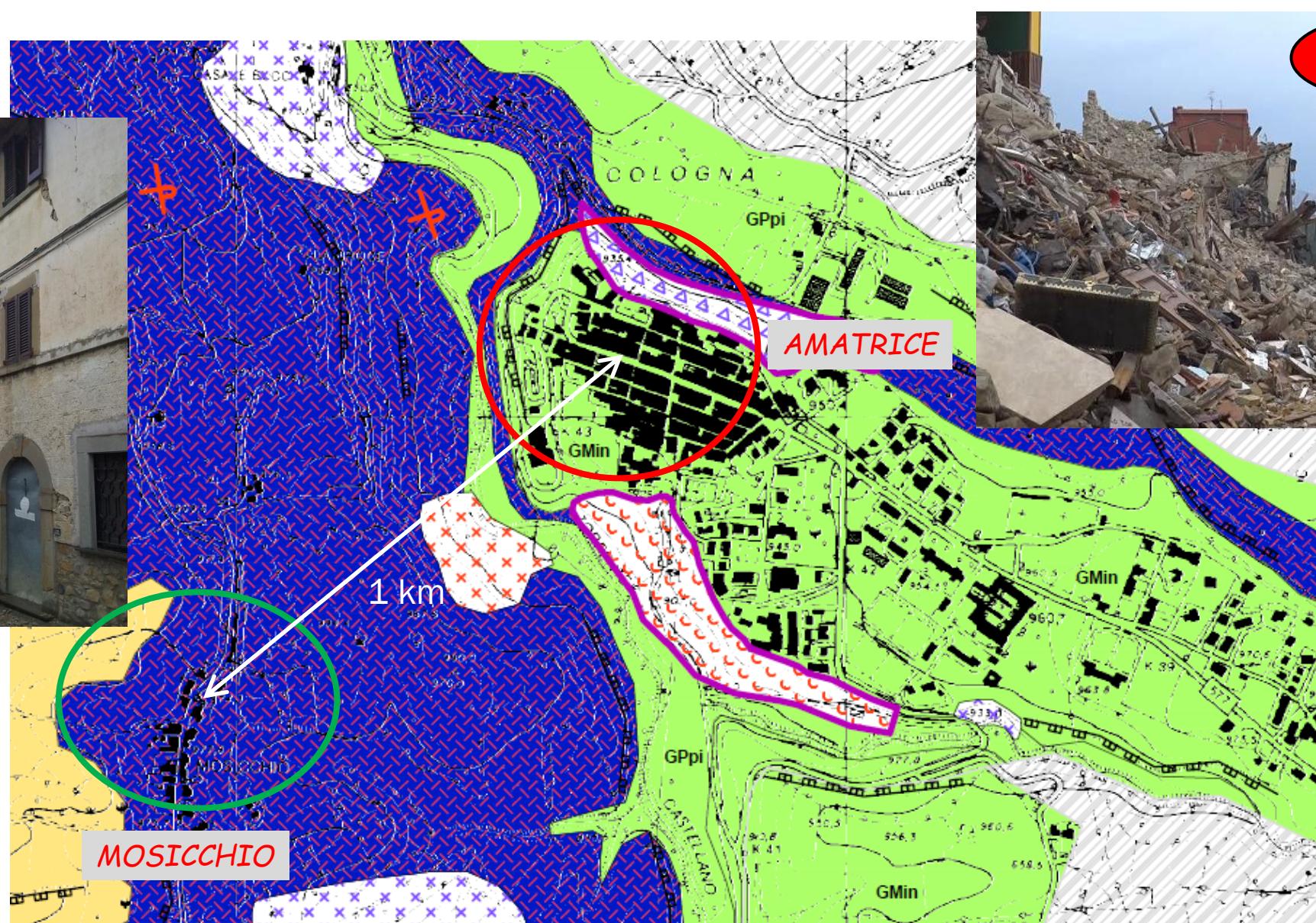
Effetti locali di instabilità (comportamento sismico instabile): sviluppo di sensibili deformazioni permanenti a seguito di movimenti franosi, liquefazione, densificazione, collasso di cavità, scorrimenti e rotture di faglia

Effetti di sito o Risposta Sismica Locale (comportamento sismico stabile): modifiche subite dal moto sismico in ingresso al sito in termini di ampiezza, contenuto in frequenza e durata

dovuti a interazione delle onde sismiche con le **condizioni locali** (insieme delle caratteristiche morfologiche, stratigrafiche e geotecniche dei depositi di terreno e ammassi rocciosi superficiali)

Evidenze di RSL

Amatrice vs Moscichio, terremoto Italia Centrale 2016

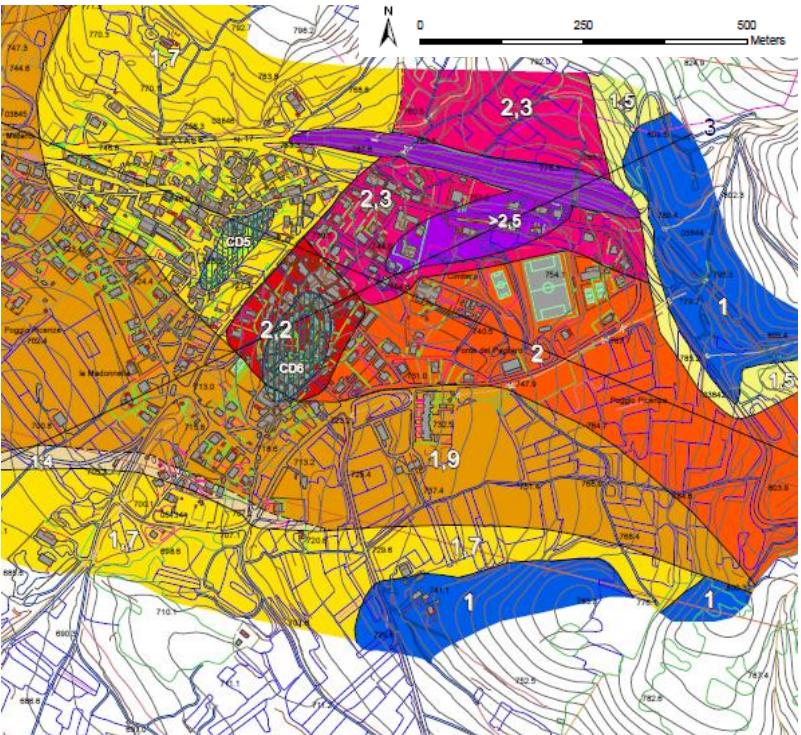


Macrozonazione e Microzonazione



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Macrozonazione Sismica (studio di pericolosità sismica di base): individuazione **a grande scala (regionale/nazionale)** di zone aventi analoghi livelli di moto sismico al basamento sismico (formazione rigida di base)



Microzonazione Sismica (studio di pericolosità sismica locale): individuazione **a scala locale (urbana o sub-urbana)** di zone omogenee in termini di risposta locale/effetti locali

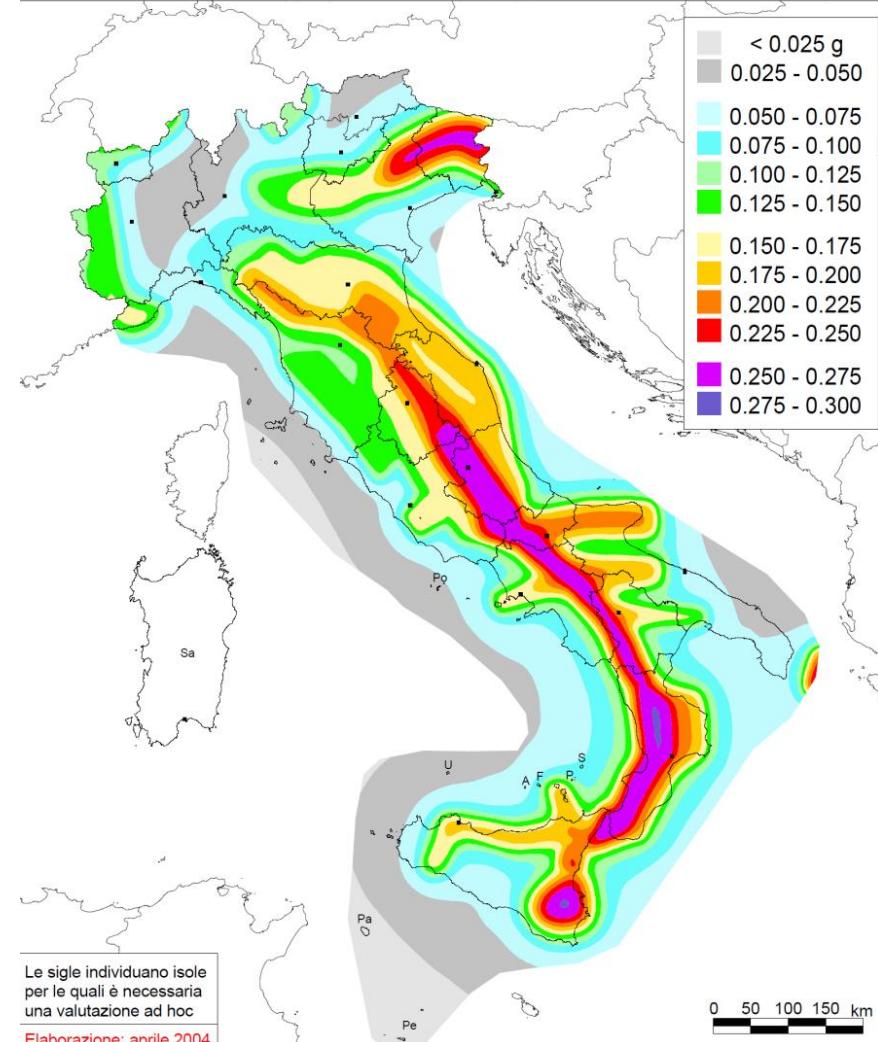
Si scende di scala e vengono considerati gli effetti locali/di sito

Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)

espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

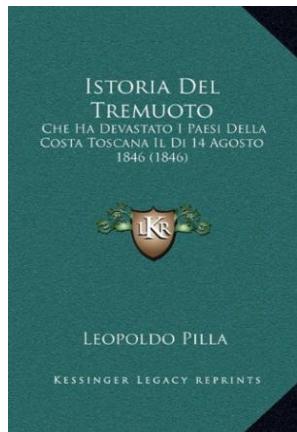
riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)



Storia della Microzonazione Sismica

Pilla, 1846: Istoria del tremuoto che ha devastato i paesi della costa toscana il 14 agosto 1846.

«...la esperienza ha dimostrato in Italia che i paesi sono flagellati dal tremuoto principalmente in ragione della natura e forma del suolo in cui sono situati.»



Leggi

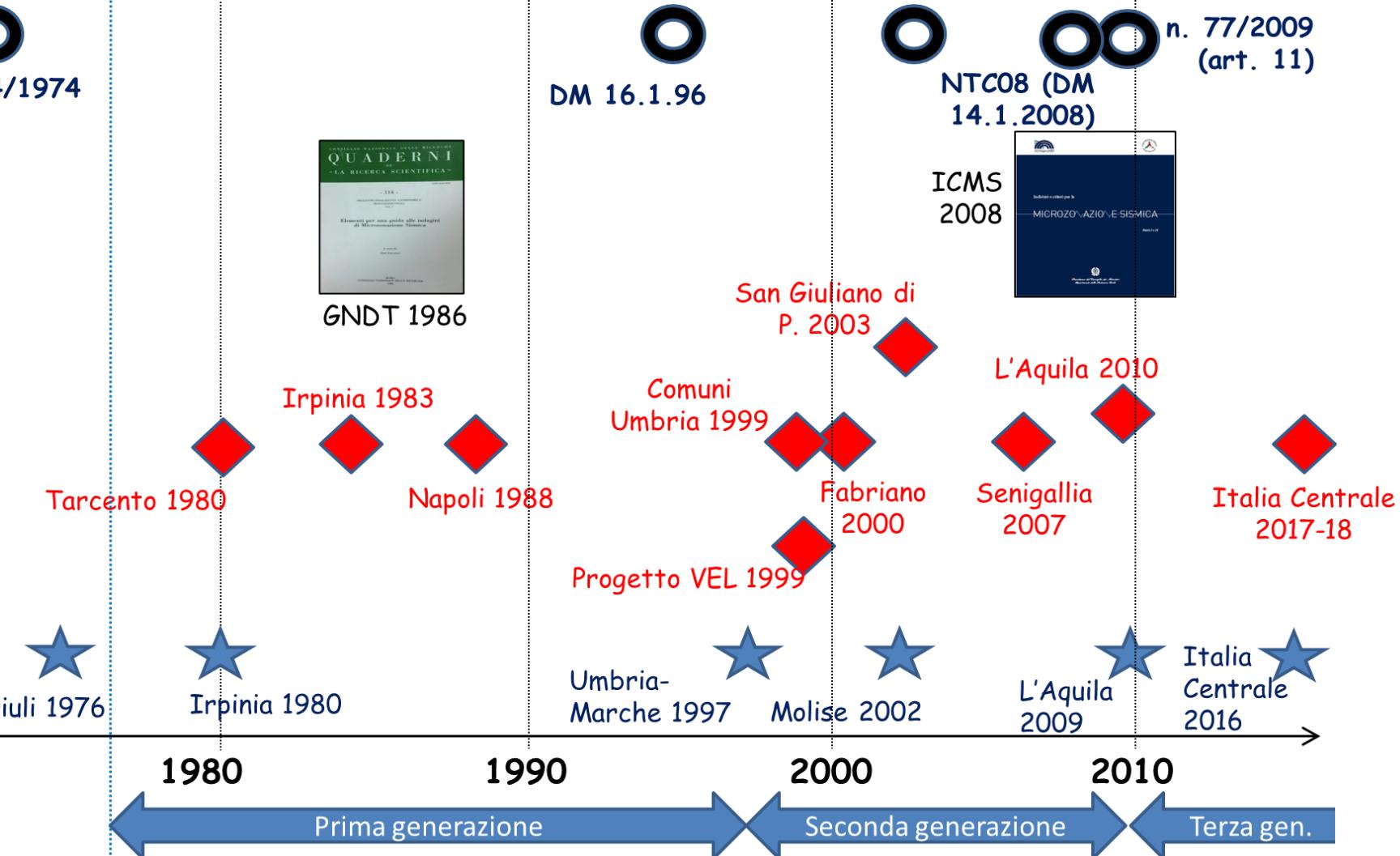


Lineeguida

Studi MS rilevanti

Terremoti principali

Anni



(Crespellani, 2014; Pagliaroli, 2018)

Centro per la Microzonazione Sismica e le sue Applicazioni



Costituito agli inizi del **2015** su iniziativa del Dipartimento di Scienze del Sistema Terra e Tecnologie per l'Ambiente (DTA) del CNR; l'accordo coinvolge Dipartimenti ed Istituti CNR, Enti di Ricerca e Dipartimenti universitari

1 Favorisce lo sviluppo di metodologie e aggiornamenti su:

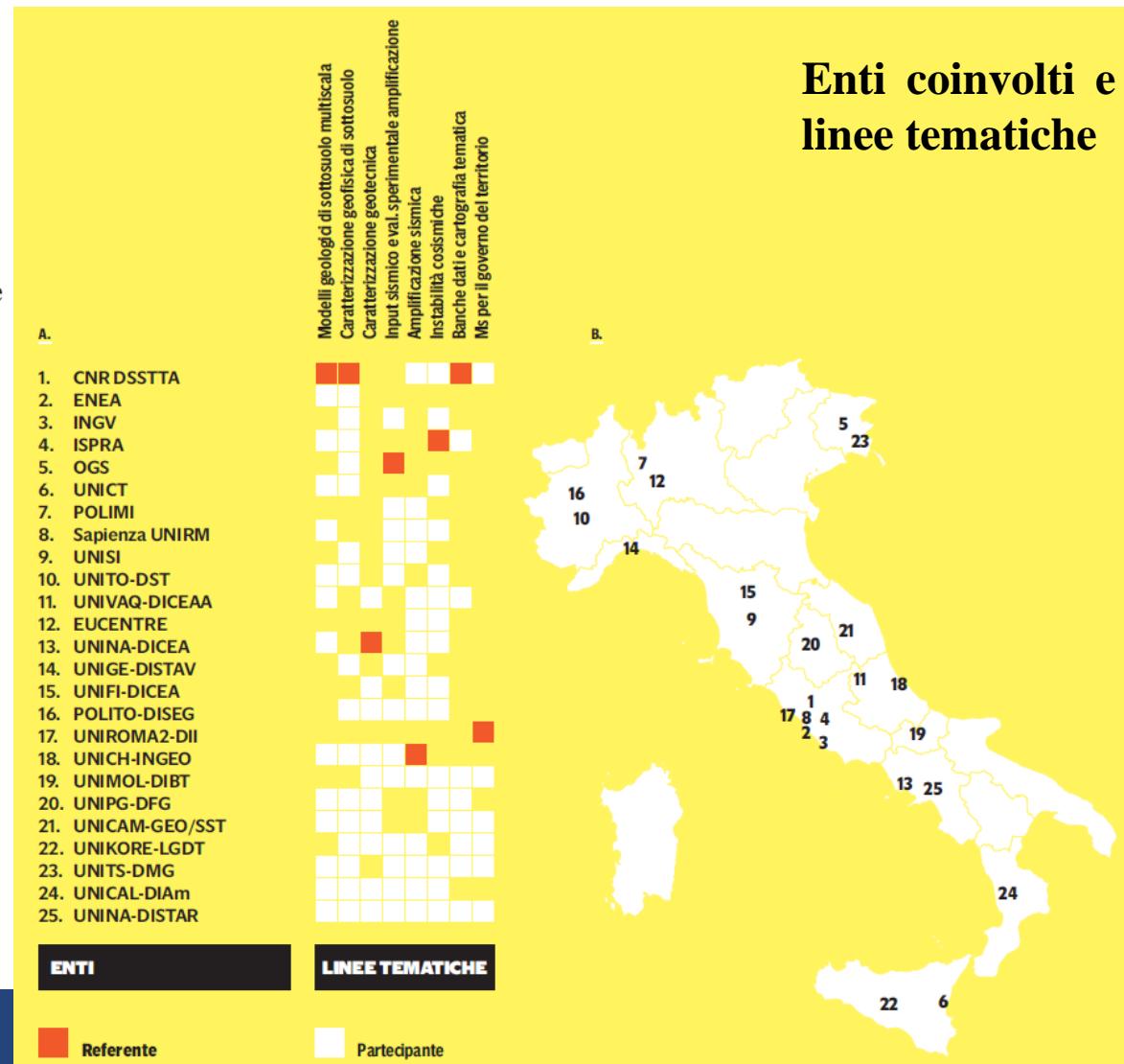
- ✓ Studi di Microzonazione Sismica;
- ✓ Standard tecnici e informatici;
- ✓ Linee guida e manuali;
- ✓ Strumenti operativi;
- ✓ Applicazioni per la Pianificazione territoriale, la Normativa Tecnica, la Pianificazione dell'emergenza.

2 Promuove l'informazione alla cittadinanza e ai soggetti interessati in merito alla microzonazione sismica e alle ricadute in campo normativo.

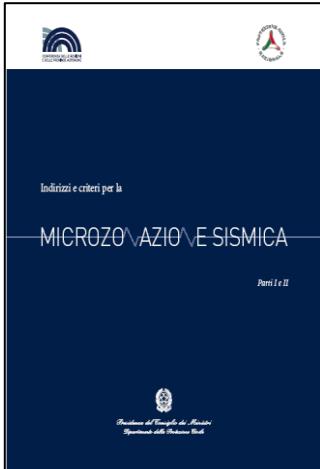
3 Promuove l'attività di formazione teorica e operativa tramite corsi di formazione e altre metodologie didattiche.

4 Fornisce supporto tecnico-scientifico:

- ✓ Per il coordinamento delle attività di MS e delle sue applicazioni;
- ✓ Su temi e quesiti proposti nell'ambito degli studi di MS e delle sue applicazioni;
- ✓ Per la realizzazione degli studi di MS e delle sue applicazioni, ad Enti e Istituzioni a rilevanza territoriale;
- ✓ Per la gestione della prima emergenza in caso di evento sismico.



Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica



2008: ICMS approvati dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome
2011: contributo agli aggiornamenti degli ICMS principalmente sulla base dell'esperienza acquisita con la MS della Conca Aquilana (2010)

In accordo agli standard internazionali (Manuale TC4, 1998) si introducono tre livelli di MS



livello	descrizione	indagini	Prodotti principali
1	Preparatorio ed obbligatorio; studio essenzialmente qualitativo basato sulla geologia e l'elaborazione di dati pregressi	speditive es. microtremori	carta delle indagini carta delle MOPS
2	Introduce valutazioni quantitative con metodi semplificati (ad es. stima dei fattori di amplificazione mediante abachi)	indagini geofisiche (-> profilo V_s)	carta delle indagini carta di MS
3	Studi di approfondimento in zone caratterizzate da elevato rischio/complessità, basati su simulazioni numeriche (analisi RSL, analisi dinamiche complete)	approfondite indagini geologiche, geofisiche e geotecniche (-> modello di sottosuolo)	carta delle indagini carta di MS con approfondimenti

Stato di attuazione degli studi di Microzonazione Sismica

Terza generazione

Legge n. 77/2009, art. 11

“Interventi per la prevenzione del rischio sismico 1. Nello stato di previsione del Ministero dell'economia e delle finanze è istituito un Fondo per la prevenzione del rischio sismico. “

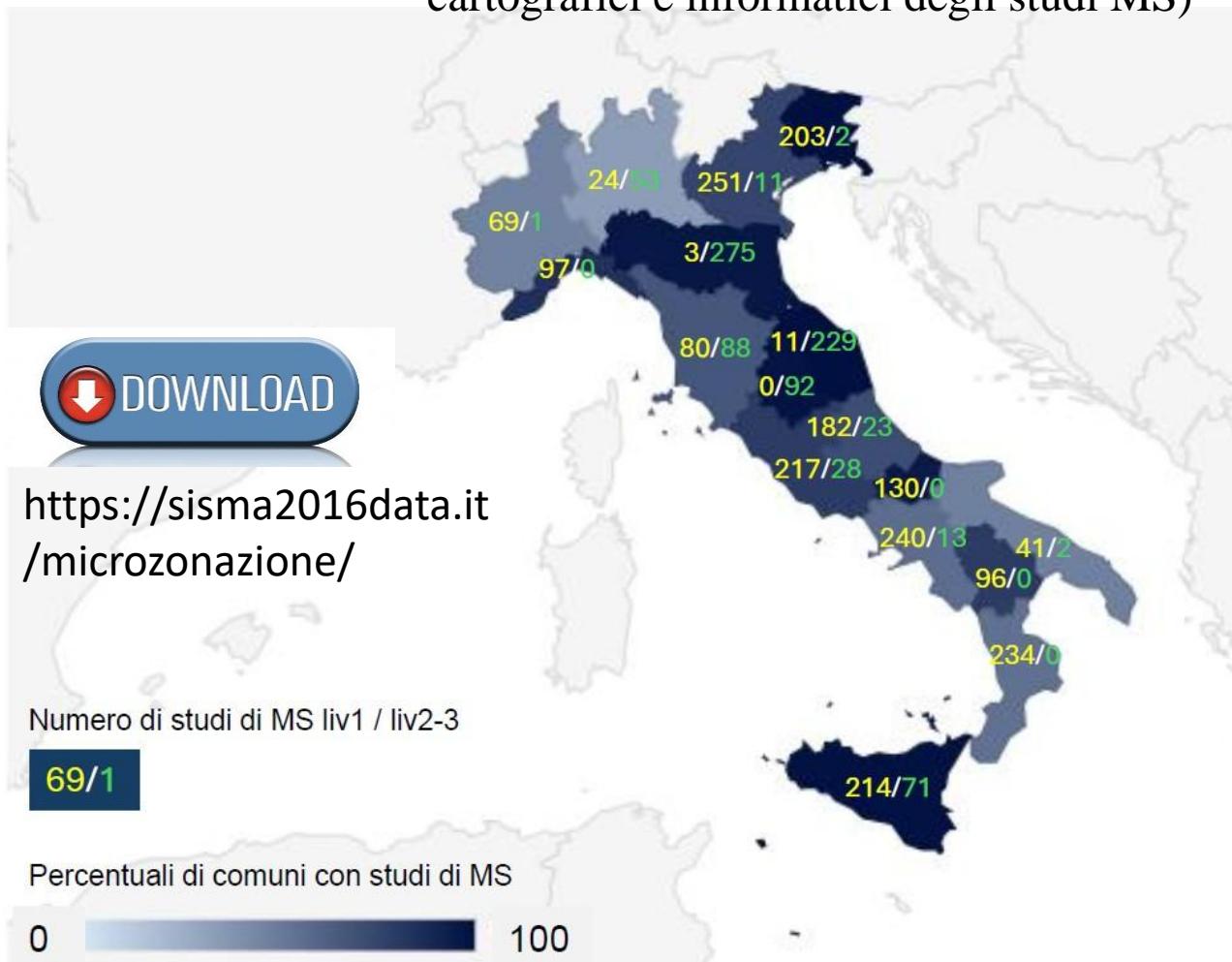
- Comuni aventi diritto: 3881 ($a_g \geq 0.125g$, $T_R=475$ anni)
- 77% dotato di studi di MS validati almeno di livello 1
- 2092 studi di livello 1
- 888 di livello 2/3

(aggiornamento alla data del 30.06.2025)

Gli studi di MS, oltre ad un imprescindibile strumento per politiche di riduzione del rischio sismico, rappresentano un prezioso archivio di dati geologici, geofisici e geotecnici, acquisiti ed archiviati con procedure standardizzate, che possono essere usati per molteplici finalità scientifiche, tra cui progetti di ricerca e studi di progettazione.

Fonte:

<https://www.webms.it/servizi/stats.php>
(consultabili i principali prodotti cartografici e informatici degli studi MS)



Applicazioni della MS

Pianificazione

- **pianificazione territoriale/urbanistica:** implementazione dei prodotti degli studi MS nelle azioni di pianificazione territoriale e gestione del territorio (aree verdi nelle zone più critiche, edifici strategici nelle zone più sicure, priorità per gli interventi di miglioramento sismico nelle zone abitate, punti più critici per le infrastrutture e le reti di servizio a sviluppo lineare, apposizione di vincoli/prescrizioni nelle zone suscettibili di instabilità)
- **pianificazione dell'emergenza:** individuazione delle aree dove collocare le zone di raccolta, aree di accoglienza/ricovero, strade di collegamento in fase di emergenza

Supporto nella progettazione

- Utilizzo dei dati di base della MS :

- programmazione più mirata delle indagini alla scala del manufatto
- accedere a indagini areali di costo non sostenibile nella progettazione ordinaria (identificazione di morfologie sepolte a scala maggiore del manufatto)

- Utilizzo delle mappe con indicazioni zone suscettibili di instabilità:

- Programmazione indagini integrative ed analisi quantitative rapportate alla fase di progettazione e al tipo di instabilità (liquefazione, instabilità dei pendii, collasso cavità, ...)

- Utilizzo degli spettri di risposta da MS di livello 3:

- decisione “oggettiva” se effettuare studi di RSL *ad hoc* o adottare l’approccio semplificato basato su categoria di sottosuolo per la definizione dell’azione sismica

Microzonazione Sismica e Norme Tecniche per le Costruzioni

Aspetto	MS	NTC
Finalità	Identificazione e perimetrazione in un dato territorio di zone omogenee in relazione alla pericolosità sismica locale	Valutazione delle azioni sismiche di progetto /adeguamento manufatti e di verifica di stabilità del sito
Scala	Urbana , superiore a 1:10.000	Manufatto
Soggetti responsabili	Regioni e enti locali	Progettista e committente
Tecnici ed esperti	Equipe di Sismologi, Geologi, Ingegneri Geotecnici e Strutturali, Urbanisti	Progettista e consulenti
Livelli di approfondimento dell'analisi	Livello 1: zone suscettibili di effetti locali identificate su base qualitativa Livello 2: amplificazione quantificata in base a indagini speditive Livello 3: amplificazione quantificata in base ad analisi numeriche	Analisi di complessità crescente (metodi empirici, pseudo-statici, dinamici semplificati o avanzati) riferiti alla fase di progettazione ed all'importanza della costruzione
Indagini sul sottosuolo	Programmazione indagini sismiche <i>ad hoc</i> su aree estese e in siti rappresentativi di situazioni-tipo, ad integrare la compilazione di dati esistenti	Indagini <i>ad hoc</i> nel sito del manufatto , ad integrare quelle necessarie per la verifica statica e comunque sufficienti a consentire, nei casi più semplici, almeno la classificazione del sottosuolo e le verifiche di stabilità semplificate

“in condizioni ordinarie i due strumenti di prevenzione operano in aree nettamente separate e distinte”

“gli studi di MS sono direttamente utilizzabili per la programmazione territoriale e ... dell'emergenza; ... gli studi di MS più approfonditi (Livelli 2 e 3) sono un importante riferimento ... per orientare il progettista sulla natura dei rischi del sito in cui il manufatto ricade, sugli approfondimenti da effettuare, sulle indagini ... ma, salvo eccezioni, non sono direttamente utilizzabili per la progettazione”

(Crespellani e Martelli, 2008)

Applicazioni della MS

Pianificazione

- **pianificazione territoriale/urbanistica:** implementazione dei prodotti degli studi MS nelle azioni di pianificazione territoriale e gestione del territorio (aree verdi nelle zone più critiche, edifici strategici nelle zone più sicure, priorità per gli interventi di miglioramento sismico nelle zone abitate, punti più critici per le infrastrutture e le reti di servizio a sviluppo lineare, apposizione di vincoli/prescrizioni nelle zone suscettibili di instabilità)
- **pianificazione dell'emergenza:** individuazione delle aree dove collocare le zone di raccolta, aree di accoglienza/ricovero, strade di collegamento in fase di emergenza

Supporto nella progettazione

- Utilizzo dei dati di base della MS :

- programmazione più mirata delle indagini alla scala del manufatto
- accedere a indagini areali di costo non sostenibile nella progettazione ordinaria (identificazione di morfologie sepolte a scala maggiore del manufatto)

- Utilizzo delle mappe con indicazioni zone suscettibili di instabilità:

- Programmazione indagini integrative ed analisi quantitative rapportate alla fase di progettazione e al tipo di instabilità (liquefazione, instabilità dei pendii, collasso cavità, ...)

- Utilizzo degli spettri di risposta da MS di livello 3:

- decisione “oggettiva” se effettuare studi di RSL *ad hoc* o adottare l’approccio semplificato basato su categoria di sottosuolo per la definizione dell’azione sismica

Riferimenti bibliografici

- Aversa S., Crespellani T. (2016). Seismic Microzonation: an essential tool for urban planning in seismic areas. UPLanD – Journal of Urban Planning, Landscape & Environmental Design, 1(1), 121-152.
- Crespellani T., Martelli L. (2008). Microzonazione sismica e Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008). Ingegneria sismica, n. 2, pp. 51-54
- Crespellani T. (2014). Seismic Microzoning in Italy: a brief history and recent experiences. Ingegneria Sismica, anno XXXI, n.2, pp. 3-31.
- Gruppo di Lavoro ICMS (2008). Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome-Dipartimento della Protezione Civile, <https://www.centromicrozonazionesismica.it/it/strumenti/linee-guida-ms/>
- Gruppo di Lavoro ICMS (2011). Contributi per l'aggiornamento degli Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Ingegneria Sismica, anno XXVIII, n.2, 2001, 68 pp.
- Pagliaroli A. (2018). Key issues in Seismic Microzonation studies: lessons from recent experiences in Italy. Rivista Italiana di Geotecnica - Italian Geotechnical Journal, n. 1/2018, pp. 5-48.