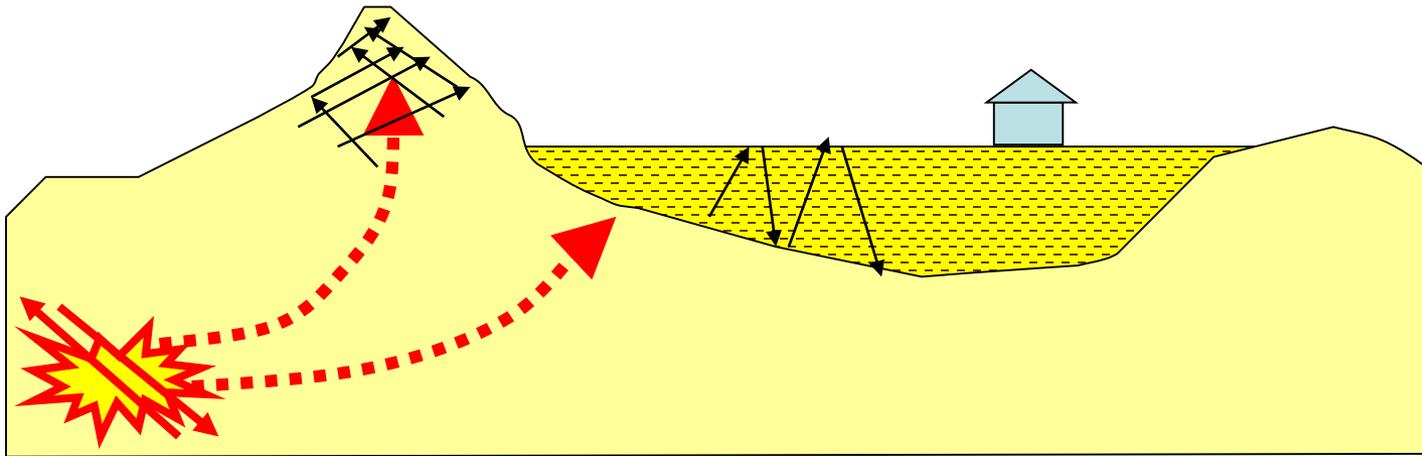


## Studio di PERICOLOSITÀ SISMICA: definizione di scuotimento atteso



La definizione della pericolosità di un sito viene separata in due fasi distinte: da una parte lo studio di **sorgenti** e **propagazione** profonda, e dall'altra lo studio degli effetti della struttura geologica più superficiale. Gli ultimi metri di propagazione, attraverso le formazioni più superficiali, possono influenzare la severità del terremoto in modo determinante, e costituiscono gli **effetti di sito**

**SORGENTI SISMICHE (faglie, zone sismogenetiche):**  
Ubicazione, tassi di sismicità

**PROPAGAZIONE:** leggi di attenuazione, diminuzione dell'ampiezza con la distanza dalla sorgente

**EFFETTI DI SITO:** variazione dello scuotimento per effetto di stratigrafia e morfologia del sito



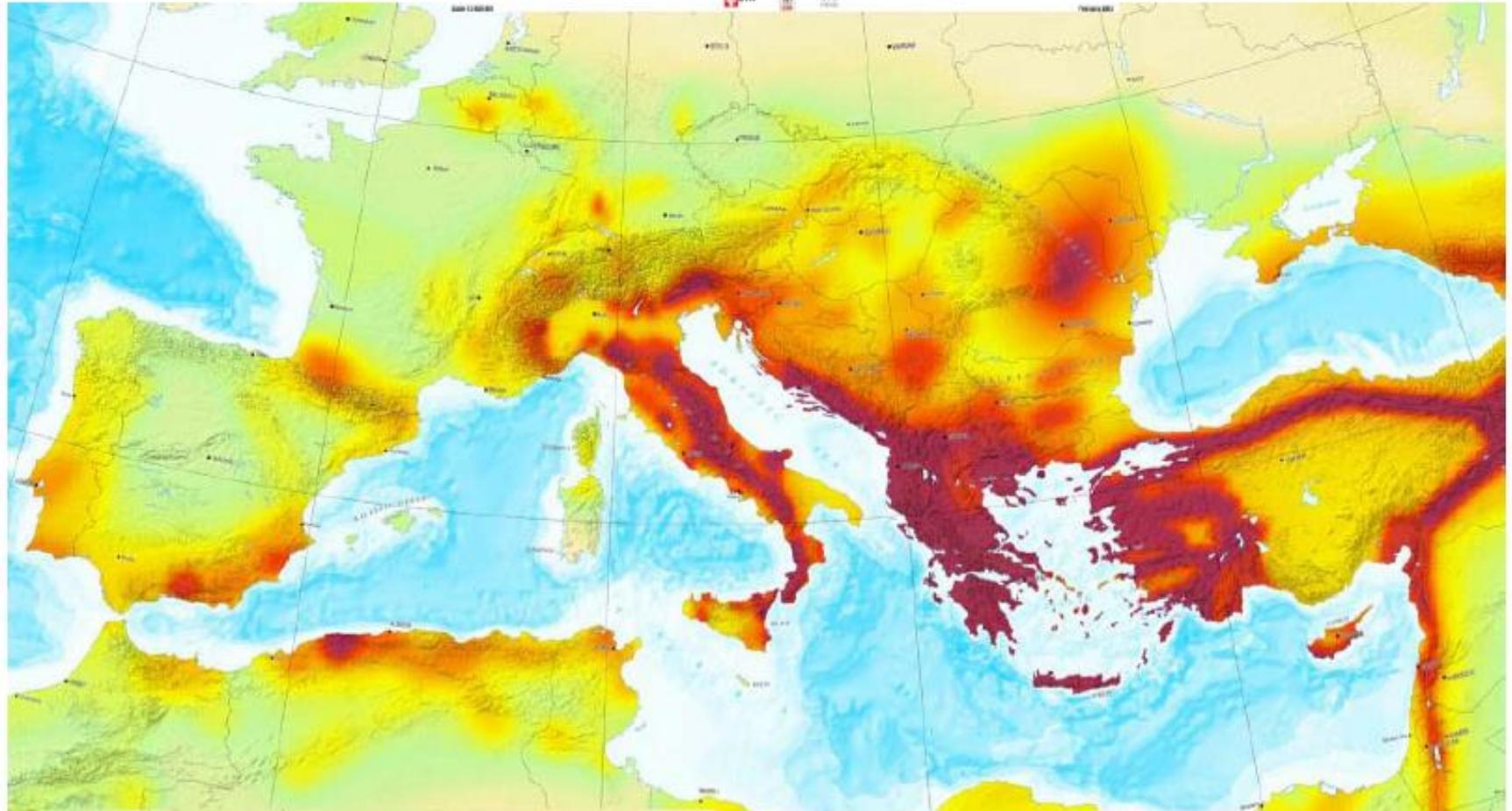
# Mappe di pericolosità

European Seismological Commission

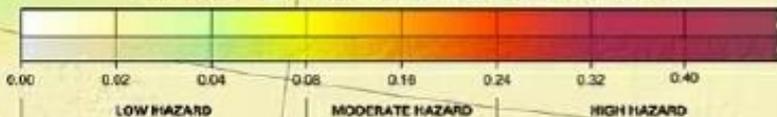
International Geophysical Commission Program  
Project no. 302: SESAMS

## EUROPEAN-MEDITERRANEAN SEISMIC HAZARD MAP

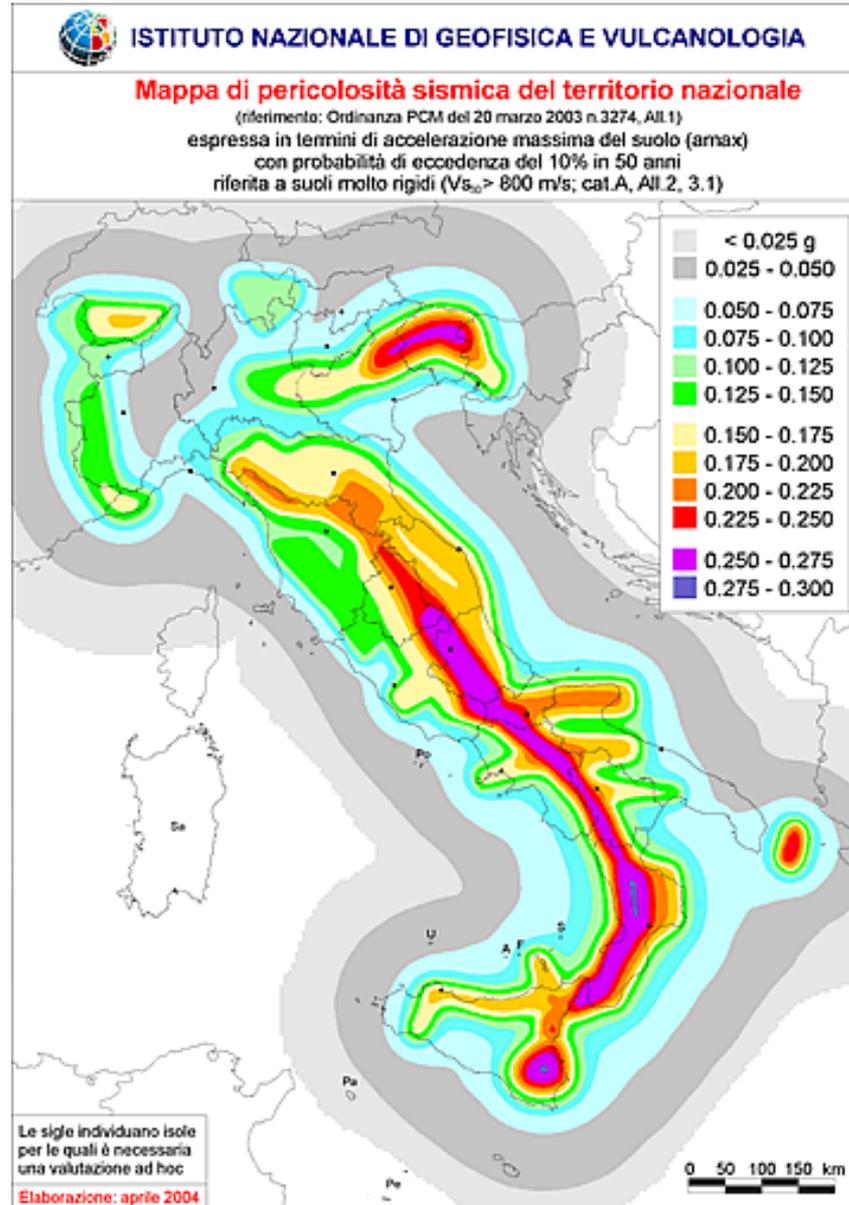
Authors: G. Santolucito, M. J. Anderson and R. G. Anderson



PEAK GROUND ACCELERATION (g-units)  
10% Probability of Exceedance in 50 years (475-year Return Period)



# Mappe di pericolosità



Le mappe di pericolosità sono il risultato di uno studio condotto a larga scala, calcolando il parametro di scuotimento su una griglia con passo spaziale elevato, e trascurando i possibili grandi effetti delle irregolarità stratigrafiche e morfologiche.

Si occupa della definizione di questi aspetti la **microzonazione**, che si rivolge ad un territorio di limitata estensione, es. **una zona urbana**, e valuta le modificazioni nello scuotimento del suolo causate dalle condizioni geologico-geotecniche locali, e dalle irregolarità topografiche. Rientrano nella microzonazione anche:

- gli effetti (di campo vicino) di sorgenti sismiche prossime al sito, e
- gli effetti deformativi “indotti” dello scuotimento del suolo, come l’instabilità dei versanti



## **EFFETTI SISMICI DI SITO DOVUTI A:**

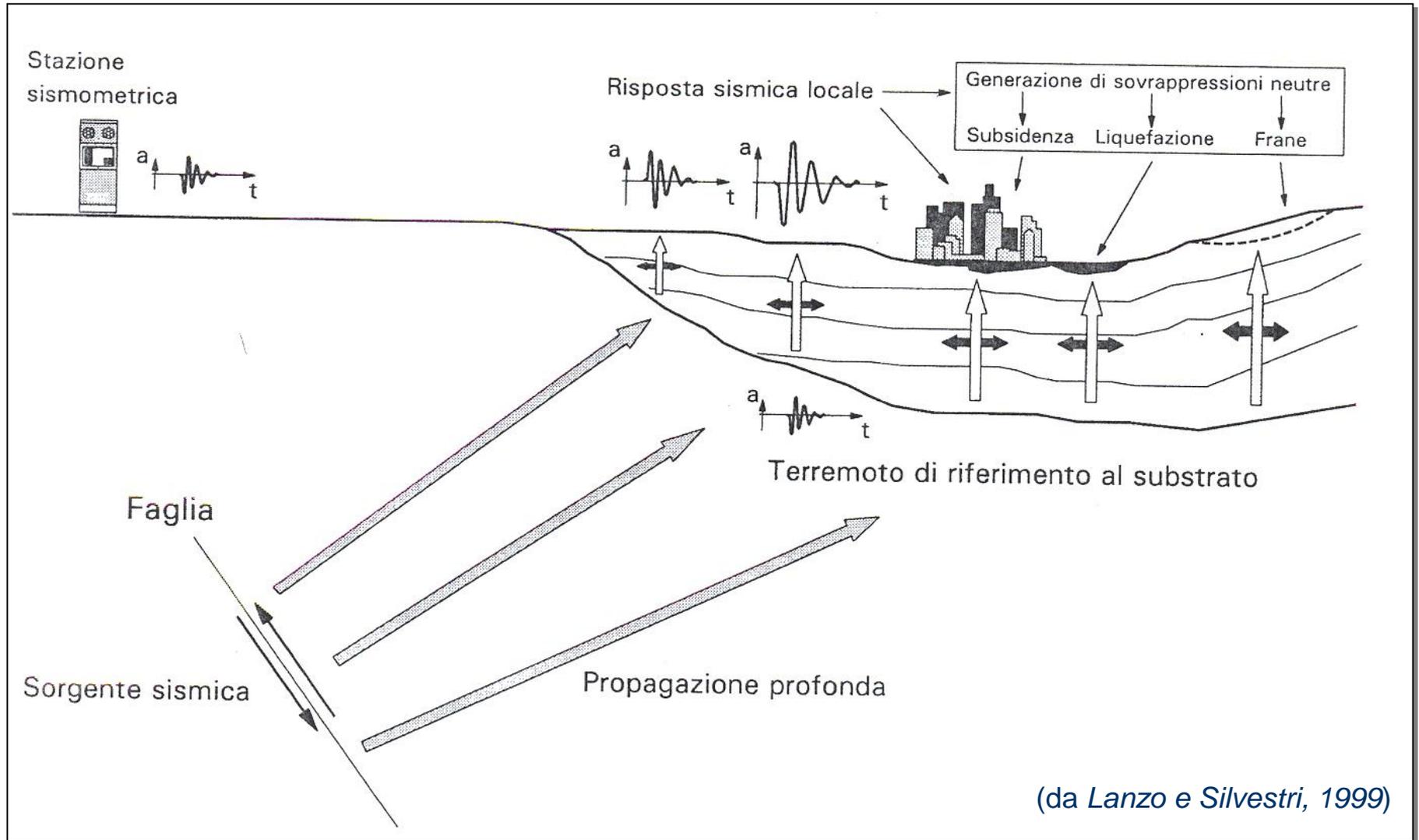
**Amplificazione locale (1D) del moto sismico legata alla propagazione verticale delle onde in profili di suolo a strati piani e paralleli con contrasto di proprietà meccaniche dal basso verso l'alto**

**Amplificazione locale (2D e 3D) in configurazioni geologiche più complesse, quali valli alluvionali e bacini sedimentari, che danno luogo a fenomeni di diffrazione con generazione di onde di superficie ai bordi**

**Amplificazione “topografica”, dovuta a fenomeni di focalizzazione delle traiettorie di propagazione delle onde sismiche in configurazioni morfologiche con rilievi**



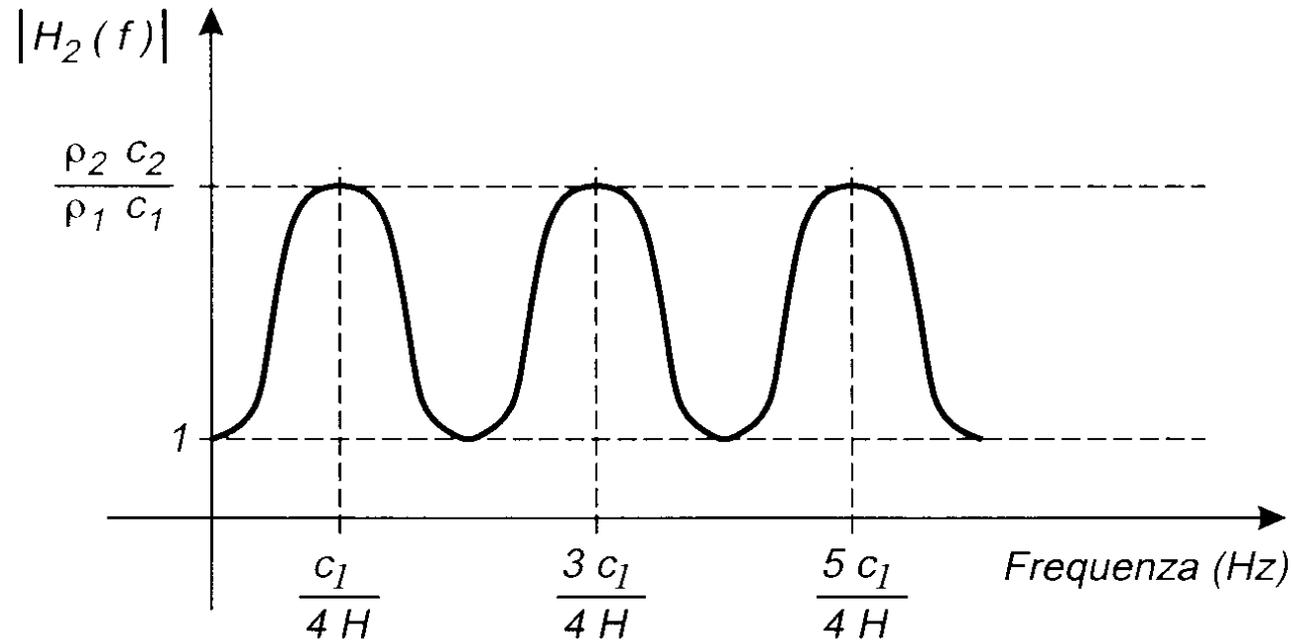
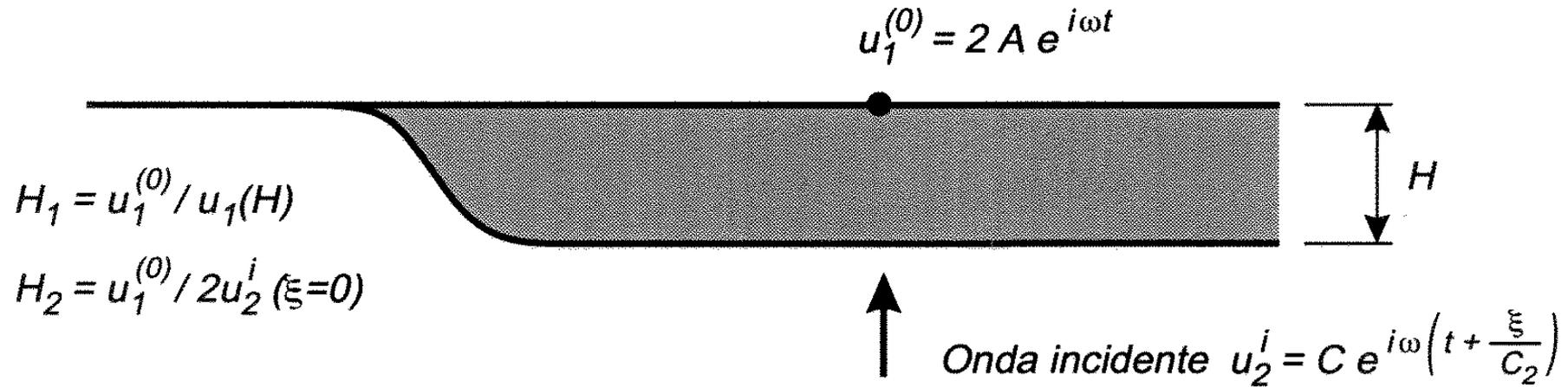
# Effetti di sito



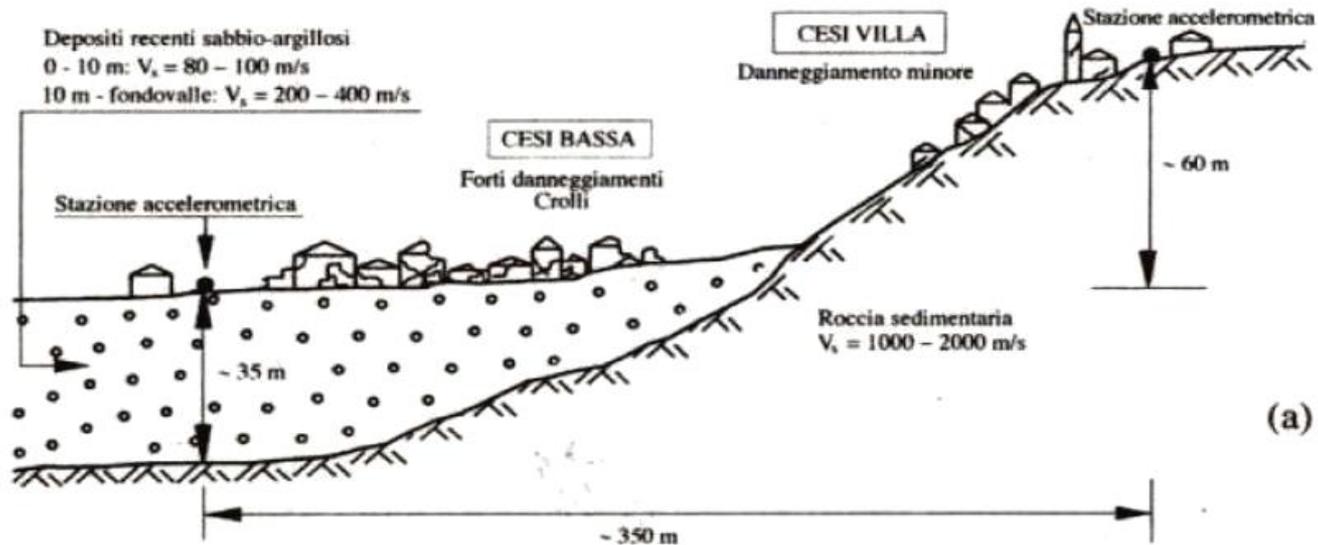
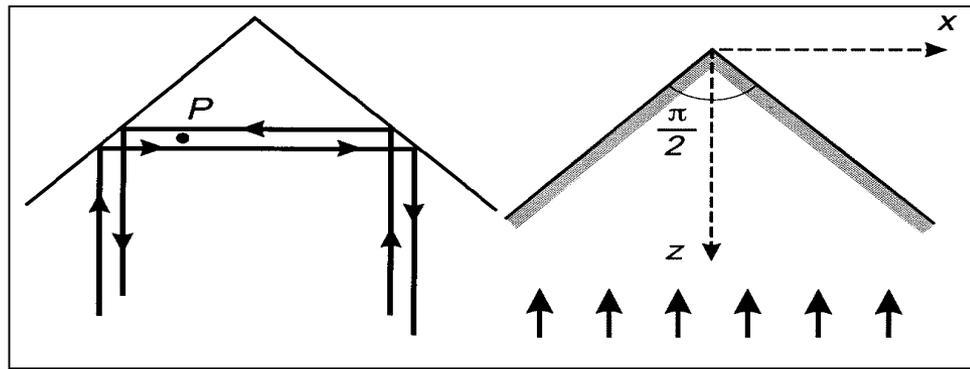
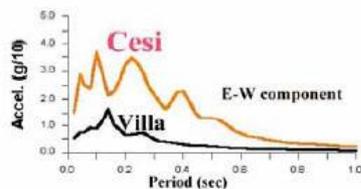
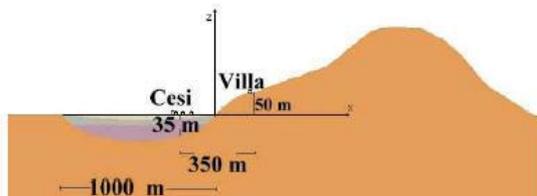
(da Lanzo e Silvestri, 1999)



# Amplificazione Stratigrafica 1D



# Amplificazione Topografica



**Ordinanza del Presidente del Consiglio dei  
Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003  
(G.U. n. 105, 8 maggio 2003)**

*”Primi elementi in materia di criteri generali per la  
classificazione sismica del territorio nazionale e di  
normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”*



# **Definizione dell'azione sismica di progetto ai sensi dell'OPCM n. 3274/2003 e 3316/2003**

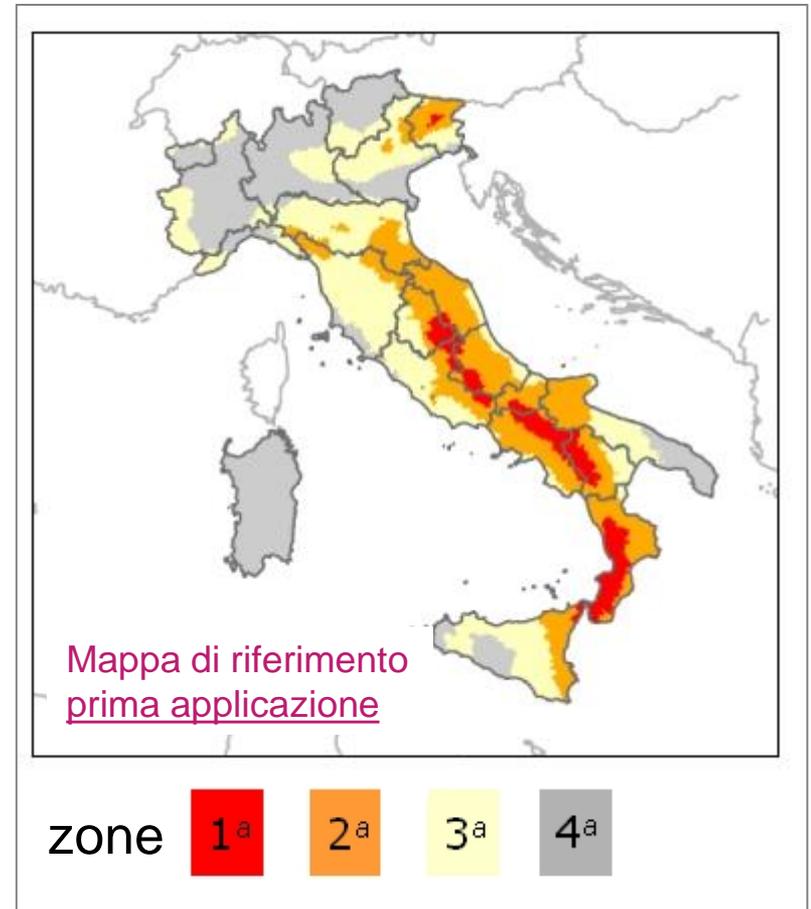


# Classificazione sismica territorio nazionale

probabilità di superamento di 0.10 in  
50 anni (= periodo di ritorno 475 anni)



ZONA	$a_g$
1	0.35g
2	0.25g
3	0.15g
4	0.05g



(dal sito dell'INGV <http://zonesismiche.mi.ingv.it/>)



La nuova mappa di pericolosità sismica contenuta nel rapporto conclusivo è stata approvata dalla Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile nella seduta del 6 aprile 2004; essa diventa pertanto la mappa di riferimento prevista dall'Ordinanza n.3274 del 2003, All.1, punto m.

Questa mappa non diventa automaticamente la nuova mappa delle zone sismiche ma servirà di base per le deliberazioni regionali in materia. (dal sito INGV <http://zonesismiche.mi.ingv.it/>)

di superamento di 0.10 in 50 anni  
ritorno 475 anni).

di  
**Mediana** delle 16 mappe corrispondenti ai 16 rami dell'albero logico considerato:

- intervalli di completezza del catalogo
- modalità di determinazione di  $M_{max}$
- modalità di calcolo tassi di sismicità
- relazioni di attenuazione di  $a_{max}$

(dal sito dell'INGV <http://zonesismiche.mi.ingv.it/>)

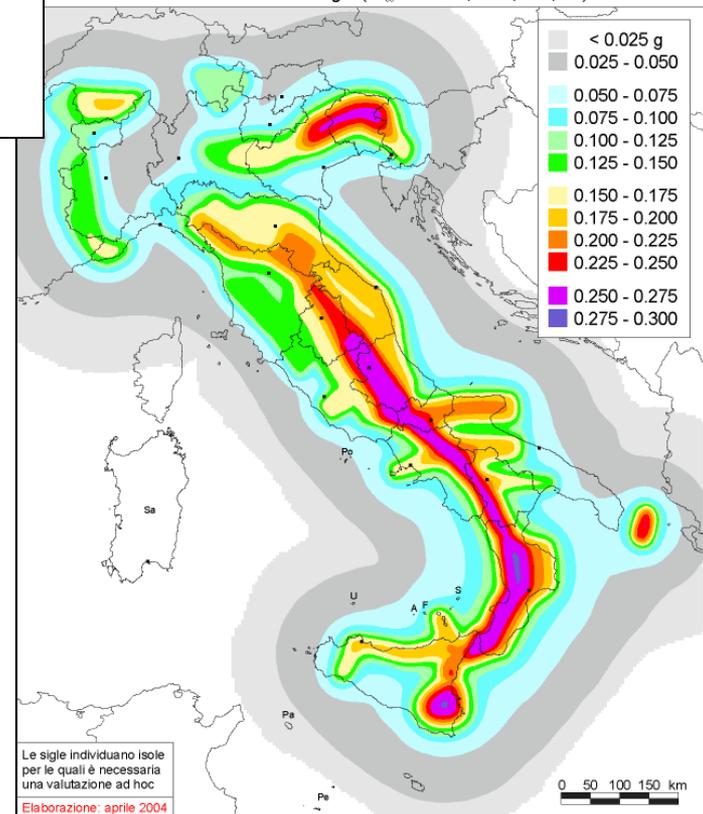
## itorio nazionale



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

### Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 20 marzo 2003 n.3274, All.1)  
espressa in termini di accelerazione massima del suolo ( $a_{max}$ )  
con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni  
riferita a suoli molto rigidi ( $V_{s0} > 800$  m/s; cat.A, All.2, 3.1)



# Categorie terreno di fondazione



# Effetti di sito: amplificazione stratigrafica

“Ai fini della definizione della **azione sismica di progetto** si definiscono le seguenti **categorie** di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni):”

## Categorie del suolo di fondazione



“...il sito verrà classificato sulla base del valore di:

- $V_{S,30}$  se disponibile (media pesata valori  $V_S$  nei primi 30m), *altrimenti*
- sulla base del valore  $N_{SPT}$  (resistenza penetrometrica prova SPT)...



# Effetti di sito: amplificazione stratigrafica

## Categorie del suolo di fondazione

- A** - *Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi* caratterizzati da valori  $V_{S,30}$  superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.
- B** - *Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti* con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da  $V_{S,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $N_{SPT} > 50$ , o  $c_u > 250$  kPa)
- C** - *Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza*, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori  $V_{S,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{SPT} < 50$ , oppure  $70 < c_u < 250$  kPa)



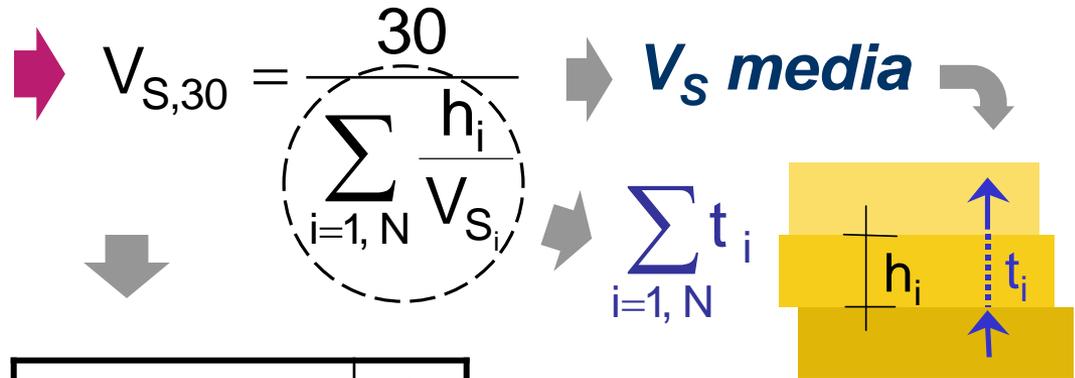
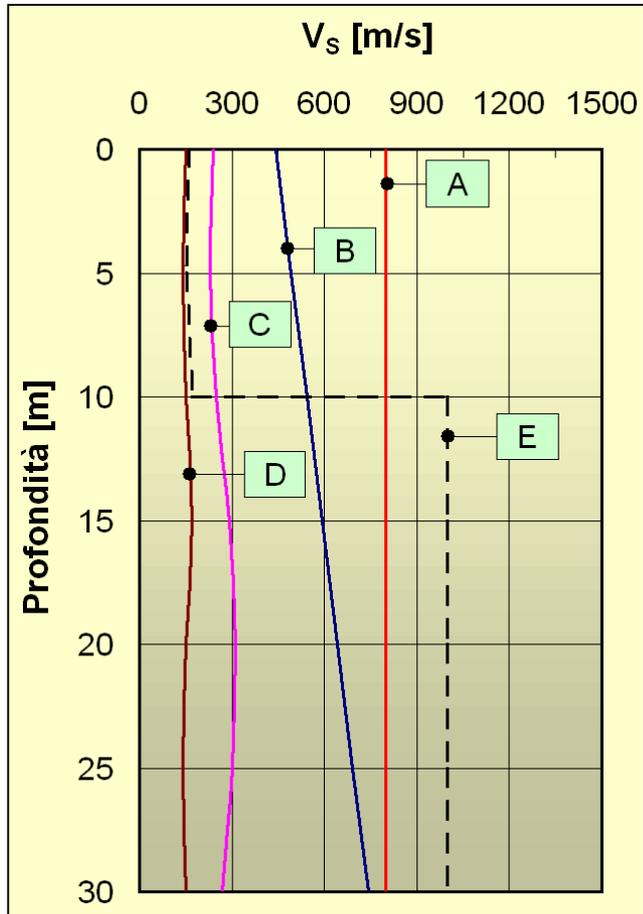
# Effetti di sito: amplificazione stratigrafica

## Categorie del suolo di fondazione

- D** - *Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori  $V_{S,30} < 180$  m/s ( $N_{SPT} < 15$ , oppure  $c_u < 70$  kPa).*
- E** - *Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di  $V_{S,30}$  simili a quelli dei tipi **C** o **D** e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con  $V_{S,30} > 800$  m/s.*
- S1** - *Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $PI > 40$ ) e contenuto  $H_2O$ , caratterizzati da  $V_{S,30} < 100$  m/s ( $10 < c_u < 20$  kPa)*
- S2** - *Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti*



# Effetti di sito: amplificazione stratigrafica



Categoria suolo	S
A	1.0
B, C, E	1.25
D	1.35

**Casi particolari:**

**Categorie S1, S2**

**Analisi di risposta sismica locale**

**studi speciali**



# Tecniche per la Determinazione del Profilo $V_s$



## Tecniche di misura diretta del profilo di $V_s$

### Indagini Geofisiche

#### Prove Invasive

- Cross-hole test
- Down/up hole test
- Seismic cone penetration test
- PS-suspension logging test
- Geotomografia sismica in foro
- Vertical seismic profiling

#### Prove Non-Invasive

- Sismica a rifrazione (GRM)
- Sismica a riflessione AR
- Onde superficiali (SASW)
- Geotomografia sismica
- Metodi sismici ibridi



## Tecniche di misura diretta del profilo di $V_s$

### Prove Invasive e Prove Non-Invasive

Tipo di Prova	Principali Vantaggi			Principali Svantaggi		
Prove Invasive	Informazioni raccolte durante perforazione	Possibilità di campionamento	Risultati di più facile interpretazione	Richiedono trivellazione fori sondaggio	Difficoltà da eseguire in certi depositi	Generalmente costose e lente da eseguire
Prove Non-Invasive	Eseguibili su ogni tipo di terreno	Rapide da eseguire	Generalmente più economiche	Problema non-unicità della soluzione	Interpretazione risultati più difficoltosa	Mancanza riscontro fisico diretto

