



**GNGTS - GRUPPO NAZIONALE DI GEOFISICA DELLA TERRA SOLIDA**  
**34° CONVEGNO-TRIESTE 17-19 NOVEMBRE 2015**



# **Applicabilità degli abachi per la microzonazione sismica di livello 2**

**Dario Albarello, Massimo Baglione, Simone Barani, Daniele Bottero,  
Sergio Castenetto, Antonio Colombi, Massimo Compagnoni,  
Vittorio D'Intinosante, Roberto De Ferrari, Eugenio Di Loreto,  
Gabriele Ferretti, Luca Martelli, Giuseppe Naso, Floriana Pergalani,  
Giacomo Peruzzi, Daniele Spallarossa, Alberto Tento**

**GNGTS**

***Trieste, 17-19 novembre 2015***

# FINALITA'

Diffusione degli studi di microzonazione sismica (MS)

Definizione di criteri e procedure che permettessero di acquisire ed elaborare i dati con costi e tempi contenuti, garantendo comunque l'attendibilità scientifica degli elaborati finali.

Definizione di procedure che, sulla base di dati litostratigrafici, geotecnici e geofisici, acquisiti con indagini di tipo corrente, permettono la stima dell'amplificazione in superficie con fattori di amplificazione (FA) calcolati tramite abachi (MS di livello 2 di approfondimento o livello 2; ICMS, 2008).

FA nei vari abachi regionali fin qui emanati (Regione Lombardia, 2005, Regione Emilia-Romagna, 2007; Regione Lazio, 2011; Regione Liguria, 2015; Regione Toscana, 2015), espressi come il rapporto, per un determinato intervallo di periodi  $T$ , tra il moto alla superficie del sito d'interesse e il moto alla superficie di un sito di riferimento.

# FINALITA'

Abachi definiti sulla base di analisi di risposta sismica 1D di casi reali ritenuti caratteristici e significativi del contesto litologico, geotecnico e geofisico locale e non tengono conto delle variazioni laterali della litostratigrafia in valli strette, nei bacini intramontani o nelle zone di passaggio tra rilievi e aree pianeggianti.

I risultati di analisi di risposta sismica 1D possono sottostimare l'amplificazione. Pertanto, può essere necessario ricorrere a modelli più complessi (2D o 3D).

Definizione del campo di validità degli abachi, ovvero in quali contesti geologici e geomorfologici gli abachi forniscono stime adeguate dell'amplificazione e in quali invece forniscono sottostime.

ICMS (2008) chiedono di verificare, dalle mappe di livello 1, la presenza delle seguenti condizioni:

- presenza di valli strette
- forme di superficie che possono determinare amplificazioni topografiche;
- geometria articolata del substrato geologico sepolto che determina effetti 2D;
- importanti inversioni di  $V_s$ ;
- condizioni di instabilità.

La presenza di tali condizioni potrà indirizzare verso l'utilizzo di metodi più complessi.



# FINALITA'

Per valutare la possibile presenza di effetti di risonanza complessiva del bacino indotte dalla presenza di forme sepolte del substrato viene consigliato di fare riferimento all'approccio semplificato proposto da Bard e Bouchon (1985).

Negli ICMS (2008) e negli indirizzi regionali finora pubblicati non viene però riportato nessun criterio per l'identificazione degli altri due fenomeni di potenziale interesse (presenza di onde superficiali e fenomeni di focalizzazione).

Valutazione delle potenzialità e dei limiti di applicazione delle procedure di stima dell'amplificazione di abachi nei contesti regionali d'interesse.

# METODO DI ANALISI

Scelta di sezioni schematiche rappresentative di situazioni geologiche e geomorfologiche ritenute realistiche

Analisi delle variazioni laterali di geometria e spessore dei terreni di copertura con contrasti di impedenza sismica

Stima dell'amplificazione sismica tramite modellazioni 1D in siti spazati ad intervalli regolari e modellazioni 2D lungo l'intera sezione

Verifica delle differenze tra i fattori di amplificazione FA ottenuti con analisi 2D e quelli ottenuti con analisi 1D e con gli abachi di riferimento.

Le sezioni differiscono per differenti valori dei seguenti parametri:

- ampiezza della valle (200-1600 m);
- spessore dei terreni di copertura (20-150 m);
- inclinazione dell'interfaccia copertura/substrato, vale a dire pendenza del bordo della valle o del bacino;
- Densità ( $1,6-2 \text{ g/cm}^3$ ), smorzamento e  $V_s$  (200 e 500 m/s) dei terreni di riempimento della valle o bacino (copertura);
- Densità ( $2,1-2,3 \text{ g/cm}^3$ ), smorzamento e  $V_s$  (400 e 1400 m/s) del substrato.

# METODO DI ANALISI

Le sezioni sono state modellate mediante diversi codici di calcolo in campo 1D o 2D:

SHAKE (Idriss et al., 1992),

STRATA (Rathje & Kottke, 2013),

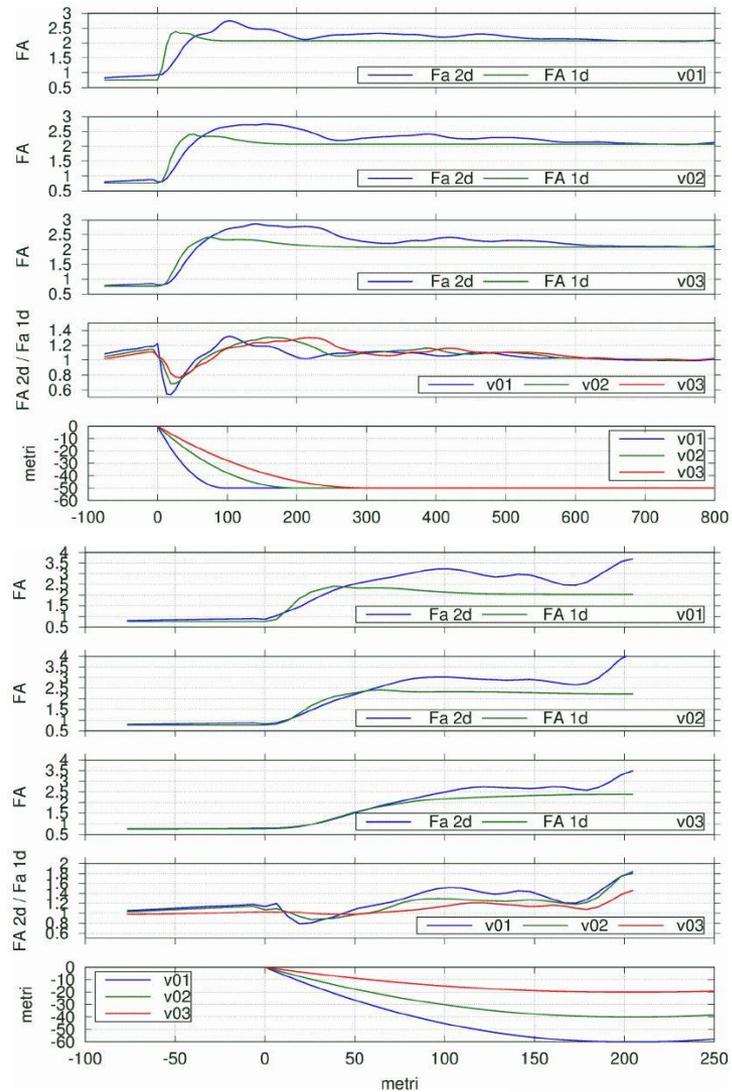
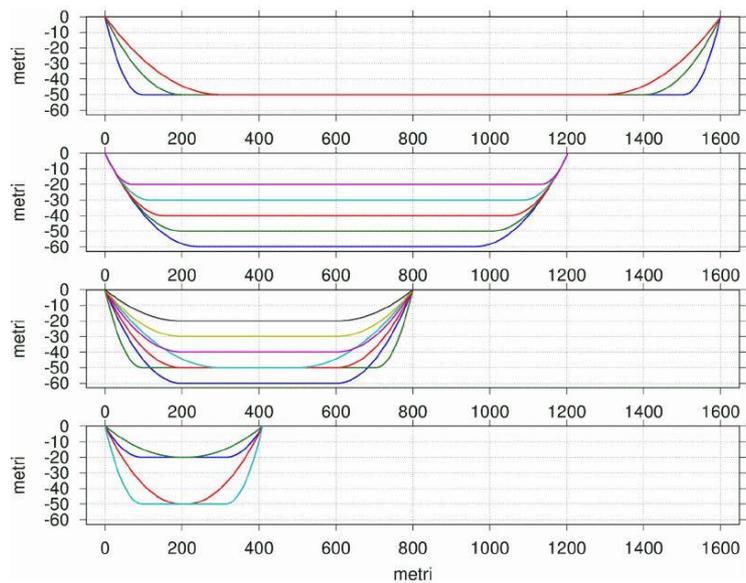
QUAD4M (Hudson et al., 1993),

BESOIL (Sanò, 1996),

codice di calcolo di Bard & Gariel (1986).



# RISULTATI



# RISULTATI

Dalle analisi effettuate è emerso quanto segue:

- nelle zone di bordo le modellazioni 1D forniscono molto spesso valori di FA compatibili, e talvolta anche più conservativi, delle modellazioni 2D;

nelle restanti porzioni si nota che:

- nel caso di valle classificata “larga” l'amplificazione dovuta a effetti 2D tende a crescere verso il centro della valle fino ad una distanza che dipende dalla geometria dell'interfaccia copertura/substrato, dal valore del rapporto  $V_S$  substrato/ $V_S$  media della copertura e, a parità di questo rapporto, anche dal valore di  $V_S$  media della copertura; al centro della valle non si osservano differenze significative tra amplificazione 2D e 1D;

# RISULTATI

- nel caso di valle classificata “stretta” la rilevanza degli effetti 2D aumenta con lo spessore della copertura e si estende per tutta l’ampiezza della valle, con maggiore importanza al centro; in questi casi si possono verificare discrepanze non trascurabili tra l’amplificazione stimata tramite analisi 1D e 2D;
- buona applicabilità della relazione di Bard e Bouchon (1985);
- nei casi di bassi valori di  $V_s$  media della copertura ( $\leq 200$  m/s) si osserva, verso il centro della valle, un effetto di focalizzazione delle onde;
- salvo per quanto riguarda situazioni caratterizzate da forti contrasti di impedenza sismica ( $>4$ ), gli abachi considerati nelle analisi numeriche forniscono valori di FA sempre conservativi rispetto a quanto prodotto dai fenomeni 2D modellati.

Questi risultati riguardano i soli valori di  $F_a$ ; differenze nelle forme spettrali, invece, possono essere assai significative.



# UTILIZZO

In sintesi, risulta che gli abachi possono essere utilizzabili sempre quando si verificano simultaneamente le seguenti condizioni:

- se si è in presenza di una valle classificata “larga” (ICMS, 2008), ovvero con coefficiente di forma  $C < 0.25$ ;
- quando il rapporto  $V_S\text{substrato}/V_S\text{media}$  della copertura è minore di 4 e si è in presenza di bacini con spessore delle coperture indicativamente minore di 50 m oppure quando è minore di 3 nei casi di bacini con spessore delle coperture indicativamente minore di 150 m;
- quando è verificata la relazione di Bard e Bouchon (1985).