

44th GNGTS National Conference
Udine, 10-13 February 2026



I Fattori di Amplificazione

Dario Albarello

Dip.di Scienze Fisiche della Terra e dell'Ambiente
Università degli Studi di Siena



UNIVERSITÀ
DI SIENA
1240

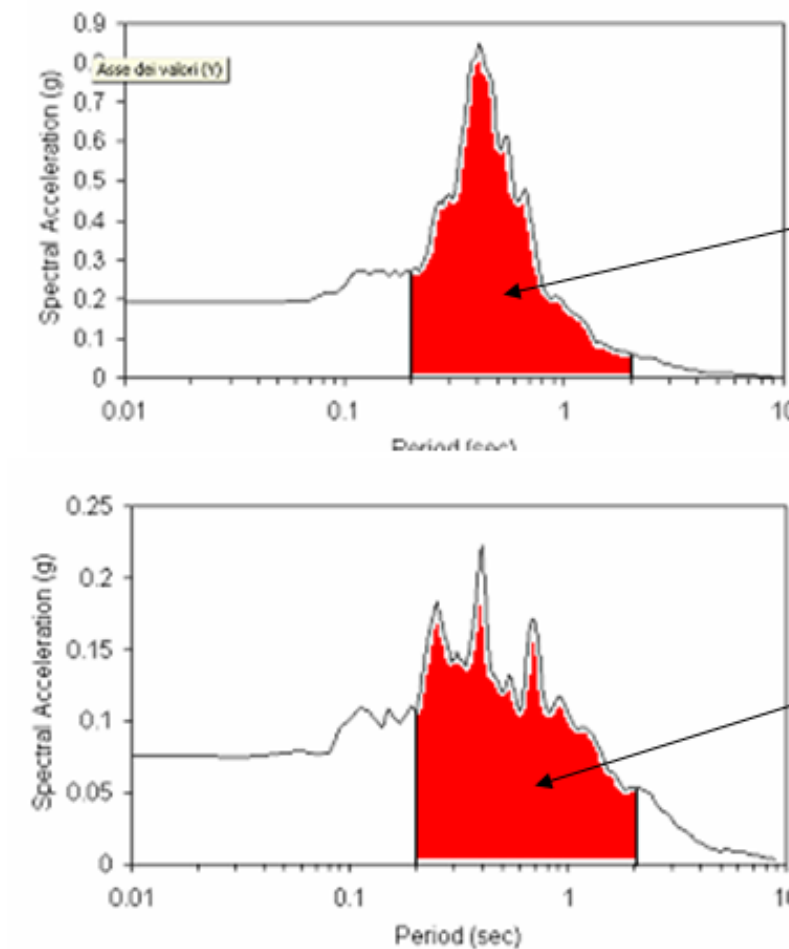


Workshop di Microzonazione Sismica: dalla ricerca scientifica a nuovi standard, pratiche e linee guida



Obiettivo dello studio di MS è la valutazione della pericolosità sismica a scala locale come strumento a supporto della pianificazione territoriale finalizzata alla riduzione del rischio sismico in **tutti** i Comuni Italiani esposti al terremoto

Per scelta programmatica, l'esito dello studio è la determinazione di Fattori di Amplificazione relativi a **zone estese** considerate omogenee dal punto di vista sismico (**MOPS**) relativamente a tre intervalli di periodi dello spettro di risposta in accelerazione e corrispondenti grossolanamente a edifici standard (0.1s-0.5s), edifici di grandi dimensioni (0.4s-0.8s), edifici isolati sismicamente (0.7s-1.1s)



$$I_{loc} = \int_{T_1}^{T_2} S_a dT$$

$$I_{rif} = \int_{T_1}^{T_2} S_a dT$$

$$FA = \frac{I_{loc}}{I_{rif}}$$

La metodologia adottata per la stima dei fattori di amplificazione relativi ad una MOPS deve tenere conto delle specifiche caratteristiche del problema affrontato ovvero che:

- 1. La stima richiesta ha carattere estensivo ed è quindi rappresentativa di una configurazione morfo-stratigrafica caratterizzata da possibili 'moderate' eterogeneità laterali*
- 2. Le unità geologico tecniche presenti all'interno della MOPS e determinate sulla base dei dati disponibili possono essere meccanicamente eterogenee al loro interno*
- 3. La parametrizzazione sismo-stratigrafica è caratterizzata da livelli di incertezza talvolta relativamente elevati o dall'assenza di dati sperimentali relativi alle proprietà geotecniche dinamiche delle unità geologico/tecniche presenti nel sottosuolo*
- 4. In linea di principio, le procedure di calcolo devono essere effettuate dai professionisti che operano sul territorio e questo esclude l'applicazione di tecniche troppo avanzate o che richiedano competenze tecniche troppo specifiche*

Queste specificità fanno sì che:

1. *l'adozione di tecniche di modellazione numerica avanzata in un contesto di informazioni 'povere' quale quello che caratterizza la quasi totalità delle MOPS può dare esito a stime fuorvianti a causa di parametrizzazioni 'avventate'*
2. *I fattori di amplificazione dedotti dalla modellazione saranno affetti da incertezze e variabilità che vanno parametrizzate e modellate ai fini di una stima **ragionevolmente conservativa** della pericolosità relativa di ciascuna MOPS*
3. *Queste informazioni dovranno poi essere combinate con le valutazioni relative alla pericolosità sismica di riferimento (a sua volta caratterizzata da elevati livelli di incertezza) in modo da ottenere una stima 'assoluta' della pericolosità utile per una stima di rischio a scala regionale*

Con l'ambizione di fornire a **tutte** le Autorità locali le informazioni necessarie alla pianificazione dell'emergenza e alla gestione del territorio, la scelta finora è stata quella di

- 1. Adottare come riferimento principale la modellazione 1D della configurazione sismostratigrafica rappresentativa di ciascuna MOPS mediante un approccio numerico Lineare Equivalente*
- 2. Utilizzare come moto di riferimento accelerogrammi spettro-compatibili rappresentativi della pericolosità sismica per un periodo di ritorno di 475 anni oppure utilizzare direttamente lo spettro di risposta di riferimento secondo l'approccio della Inverse Random Vibration Theory*
- 3. Applicare a ciascuna MOPS procedure di variazione casuale dei parametri sismostratigrafici e geotecnici all'interno dei margini di incertezza e variabilità valutandone l'impatto sulla stima finale e adottando come stimatori statistici media e deviazione standard logaritmici*
- 4. Definire procedure probabilistiche per la combinazione delle stime di pericolosità a scala regionale e locale*

Questo approccio generale pone una serie di problemi che meritano una discussione estesa in vista di una rivisitazione delle Linee Guida. Per esempio:

La propagazione completa delle incertezze può dare origine a fenomeni ‘inflattivi’ quando si sceglie come rappresentativo un fattore di amplificazione corrispondente ad una percentile della relativa distribuzione empirica

Questo problema si manifesta in particolare quando la stima di pericolosità di riferimento (generalmente rappresentata da una percentile della funzione di pericolosità) viene combinata con il fattore di amplificazione: la combinazione dei due percentili è un’operazione delicata per evitare grossolane sovrastime della pericolosità

Più in generale, vale la pena di introdurre alcuni elementi di discussione

1. *Fino a che punto la modellazione lineare equivalente 1D fornisce risultati effettivamente conservativi a partire da parametri noti? Esistono alternative praticabili?*
2. *Come determinare le situazioni nelle quali l'approccio 1D può essere considerato inadatto e lo studio richiedere l'uso di approcci più avanzati ma comunque praticabili? E quali?*
3. *La propagazione delle incertezze/variabilità che connotano i parametri dei modelli (unità geologico/tecniche, spessori, valori di V_s , curve di smorzamento e decadimento del modulo di taglio) produce **distribuzioni** di valori plausibili dei fattori di amplificazione: cosa scegliere come valore rappresentativo per la singola MOPS?*
4. *Come ottenere una stima della pericolosità locale combinando i valori di riferimento con i fattori di amplificazione dedotti dallo studio di microzonazione sismica tenendo conto delle incertezze implicate?*
5. *Che rapporto c'è fra i fattori di amplificazione della MZS e quelli degli abachi NTC?*

Riguardo a quest'ultimo punto, a partire dalle stime dei fattori di amplificazione relativi alla PGA e ai tre intervalli di periodi è possibile determinare lo **spettro di risposta regolarizzato** per la MOPS. Si tratta semplicemente di trovare i valori dei parametri (a_g, F_0, T_c) che soddisfano il sistema non lineare

$$\begin{cases} \int_{0.1}^{0.5} Sa(a_g, F_0, T_c) dT = Fa_{(0.1-0.5)} \int_{0.1}^{0.5} Sa_{rif} dT \\ \int_{0.4}^{0.8} Sa(a_g, F_0, T_c) dT = Fa_{(0.4-0.8)} \int_{0.4}^{0.8} Sa_{rif} dT \\ \int_{0.7}^{1.1} Sa(a_g, F_0, T_c) dT = Fa_{(0.7-1.1)} \int_{0.7}^{1.1} Sa_{rif} dT \end{cases}$$

dove gli integrali possono essere sviluppati analiticamente e i termini a destra sono tutti noti.

Il problema è: **ne vale la pena? E per fare cosa?**