

ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE 1D – 2D, FINALIZZATE ALLA MICROZONAZIONE SISMICA DI AREE URBANE IN TOSCANA

Ilaria Giusti, Diego Carlo Lo Presti

Università di Pisa

ilaria.giusti@for.unipi.it, diego.lopresti@dic.unipi.it

Massimo Baglione, Vittorio D'Intinosante

Ufficio Prevenzione Sismica – Regione Toscana

massimo.baglione@regione.toscana.it, vittorio.dintinosante@regione.toscana.it

Sommario

Le analisi di risposta sismica dei depositi di terreno possono essere finalizzate sia alla definizione delle azioni sismiche per una singola costruzione, sia agli studi di microzonazione sismica, ovvero alla quantificazione del rischio sismico su un'area di limitata estensione. In particolare vengono valutati, a piccola scala, i possibili effetti di amplificazione del moto sismico dovuti alle condizioni geologiche, geofisiche e geotecniche locali.

Negli studi di microzonazione sismica andrebbero considerati i seguenti aspetti:

- Definizione dell'input sismico su suolo rigido di riferimento;
- Livello di conoscenza delle condizioni geologico – geotecniche del sottosuolo;
- Criteri per estendere i risultati delle analisi all'intera area di studio.

Il presente lavoro illustra, in maniera sintetica, i criteri di indagine, da lungo tempo utilizzati dalla Regione Toscana nell'ambito del progetto VEL, ed altri progetti simili ai fini della microzonazione sismica di alcune aree a più elevata pericolosità. Questi criteri hanno consentito di sviluppare una significativa banca-dati già illustrata in una precedente comunicazione. Inoltre vengono presentati i risultati di analisi di risposta sismica effettuate mediante codici di calcolo 1D (Strata) e 2D (QUAKE/W-GeoStudio, Krhan 2007) in alcuni centri urbani della Garfagnana (LU).

Infine il lavoro propone, sulla base dei risultati ottenuti e della loro correlazione con alcuni parametri sintetici, possibili criteri pratici per l'estensione sull'intera area di studio delle “amplificazioni” ricavate dalle analisi di risposta sismica.

1. Criteri di indagine e banca dati

Dal 1997 la Regione Toscana ha avviato il Programma Regionale VEL (Valutazione degli Effetti Locali) con l'obiettivo di definire i possibili effetti sui centri urbani, sulle reti di servizio e sulle infrastrutture di comunicazione, individuando aree a scala sub-comunale con comportamento omogeneo dal punto di vista della risposta sismica locale (Regione Toscana 2013).

La fase sperimentale del progetto ha interessato i principali centri urbani della Lunigiana, Garfagnana, Mugello, Valtiberina, Casentino, Amiata e il Pistoiese, per un totale di circa 192 centri urbani. Le indagini eseguite consistono in circa 1040 linee di sismica a rifrazione con onde P e SH (per un totale di 110Km), 466 sondaggi geotecnici con prove SPT in foro e prove down-hole in foro (per un totale di circa 15 Km); inoltre è stato realizzato per circa 15 Comuni il monitoraggio strumentale combinato di rumore ed eventi sismici, al fine di acquisire una caratterizzazione in termini di frequenze dei siti. Nel corso dei sondaggi sono stati prelevati più di 500 campioni indisturbati di terreno su cui sono state eseguite 490 prove statiche e 270 prove dinamiche di laboratorio. I risultati delle indagini effettuate nell'ambito del Programma VEL consistono in una serie di informazioni da utilizzare nella fase di pianificazione urbanistica (carte geologiche, geomorfologiche, litologico - tecniche, delle zone a maggiore pericolosità sismica locale, dati geotecnici ottenuti da prove in sito e di laboratorio, carte di microzonazione sismica a scala sub-comunale), in fase progettuale e per il miglioramento ed

adeguamento sismico degli edifici (spettri di risposta e fattori di amplificazione ottenuti da analisi di modellazione numerica).

2. Analisi 1D – 2D a Villa Collemandina

Il Comune di Villa Collemandina (LU) si trova in Garfagnana, classificato in zona sismica 2, fa parte delle aree a maggior rischio sismico in Toscana (ai sensi della Deliberazione di G.R.T. n.841/07), ed è caratterizzato da condizioni geologiche e topografiche tali da richiedere un'analisi di risposta sismica locale specifica, sia in termini monodimensionali che bidimensionali.

La Figura 1 riporta quattro sezioni geologiche relative al centro urbano di Villa Collemandina. Nelle sezioni geologiche di Figura 1, ricostruite sulla base di evidenze geologiche e geotecniche dall'Ufficio Prevenzione Sismica della Regione Toscana, è possibile riconoscere le formazioni riportate in Tabella 1. Sulla base delle indagini geofisiche sismiche, di superficie ed in foro, effettuate nell'ambito del Programma VEL, la cui posizione è indicata nelle sezioni di Figura 1, ciascuna formazione è stata caratterizzata con un valore medio della velocità di propagazione delle onde di taglio (Tabella 1). La caratterizzazione meccanica dei materiali è stata eseguita a partire dalle indicazioni dell'Ufficio Prevenzione Sismica della Regione Toscana, dallo studio delle prove disponibili per il sito in esame e dai risultati ottenuti da Foti et al. (2002) per la caratterizzazione del sito di Castelnuovo Garfagnana (LU), non essendo disponibili per alcune formazioni prove dinamiche eseguite nel Comune di Villa Collemandina. Le curve (G- γ) e (D- γ) adottate per le analisi sono state ottenute interpolando tutti i dati a disposizione (per ciascuna formazione) con le curve proposte da Yokota et al. (1981).

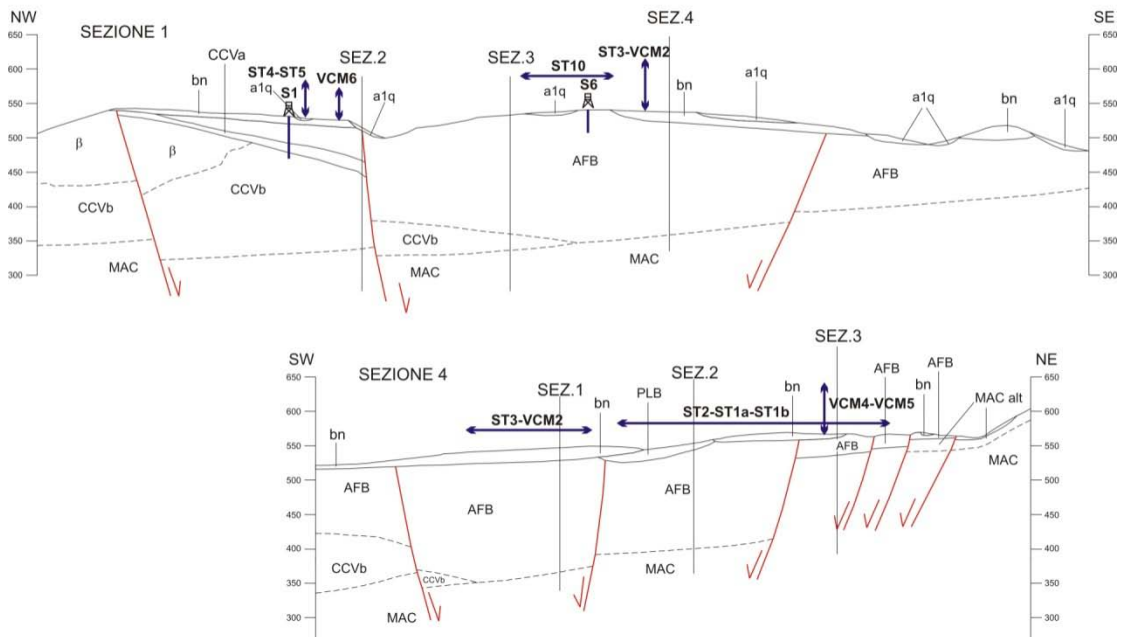
L'input sismico applicato, 7 accelerogrammi naturali spetrocompatibili scalati all'accelerazione di riferimento del sito 0.205 g e ricavati per un tempo di ritorno di 475 anni, è stato fornito dall'Ufficio Prevenzione Sismica della Regione Toscana (Lai et al., SCALCONA). I parametri degli accelerogrammi applicati sono riassunti nella Tabella 2. Ai fini dell'analisi, la deconvoluzione del segnale è stata eseguita all'interno della formazione di macigno intatto. Per ognuna delle sezioni sono stati selezionati alcuni punti sulla superficie (Figura 2 e Figura 3) in corrispondenza dei quali il software è in grado di restituire una serie ampia di informazioni. Tra queste si riportano le analisi fatte sullo spettro di risposta in accelerazione nella direzione orizzontale.

Parametri formazioni geologiche - Comune di Villa Collemandina						
Litologia	Formazione	Sigla	V _p (m/s)	V _s (m/s)	V _p /V _s	v
Ciottolami, sabbie ed argille	Corpi di frana quiescenti	a1q	440	175	2.51	0.41
Ciottolami, sabbie ed argille	Depositi alluvionali attuali	bn	1800	400	4.50	0.47
Conglomerati	Conglomerati di Barga	PLB	1800	270	6.67	0.49
Argille sabbie e conglomerati	Argille, sabbie e conglomerati di Fornaci di Barga	AFB	1800	465	3.87	0.46
Paraconglomerati polimittici	Complesso di Casanova-paraconglomerati polimittici	CCVb	2570	930	2.76	0.42
Arenarie ofiolitiche	Complesso di Casanova-arenarie ofiolitiche	CCVa	2070	730	2.84	0.43
Basalti	Complesso di Casanova-olistoliti di basalti	β	3400	1040	3.27	0.45
Arenarie prevalenti e silititi	Macigno alterato	MAC alt	820	400	2.05	0.34
Arenarie prevalenti e silititi	Macigno	MAC	2500	1500	1.67	0.22

Tabella 1: Parametri geofisici delle formazioni geologiche presenti nel Comune di Villa Collemandina (LU); Ufficio Prevenzione Sismica - Regione Toscana.



PROGRAMMA VEL
 Comune di Villa Collemandina - Località Capoluogo
 Scala orizzontale e verticale 1:5000



PROGRAMMA VEL
 Comune di Villa Collemandina - Località Capoluogo
 Scala orizzontale e verticale 1:5000

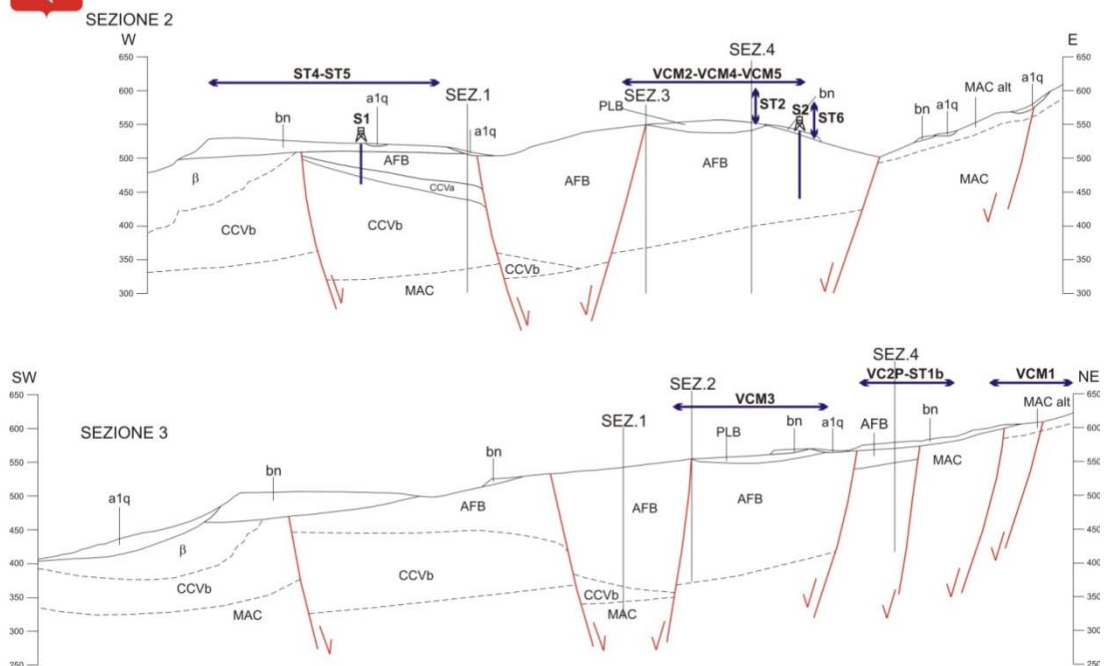


Figura 1: Programma VEL Comune di Villa Collemandina (LU) – Località Capoluogo; sezioni a cura di M.Baglione, V. D'Intinosante, F. Vannini

Per ottenere una separazione tra gli effetti dovuti ad irregolarità topografiche rispetto a quelli dovuti alla composizione stratigrafica, sono state eseguite, in corrispondenza di questi punti, analisi di tipo monodimensionale considerando la stratigrafia locale.

Magnitudo (Mw)	Distanza Epicentrale (km)	Fattore di Scala	Nome File Origine
6.87	11.00	0.60%	ESMD 000182xa.cor
6.68	65.00	0.78%	ESMD 000200ya.cor
6.93	28.64	0.43%	NGA 0765y.txt
6.69	38.07	1.36%	NGA 0765y.txt
7.00	50.50	1.11%	KNET2 IWT0100305261824.EW
6.60	36.18	1.62%	KNET1 SAG0010503201053.NS
6.30	31.60	2.51%	ITACA 20090406_013239ITDPC_CLN_WEC.DAT

Tabella 2: Parametri degli accelerogrammi spettrocompatibili selezionati per Villa Collemandina Capoluogo.

Come fattore sintetico per l'interpretazione dei risultati è stato utilizzato il rapporto tra l'integrale dello spettro di risposta in accelerazione, tra i periodi 0.1-0.5 secondi, ottenuto dall'analisi bidimensionale e quello ottenuto dall'analisi monodimensionale:

$$F_a(\xi, T) = \frac{\int_{0.1}^{0.5} S_{a2D}(\xi, T) dT}{\int_{0.1}^{0.5} S_{a1D}(\xi, T) dT}$$

dove ξ indica lo smorzamento (5%) e T il periodo. Oltre al rapporto tra la risposta bidimensionale e quella monodimensionale, lo stesso fattore di amplificazione è stato calcolato in entrambi i casi in relazione allo spettro relativo al substrato roccioso affiorante. Per maggiori dettagli sulle modalità di analisi adottate si rimanda alla nota "Analisi di risposta sismica 2d di forme vallive negli Appennini settentrionali". Di seguito sono riportati i risultati relativi alla sezione 1 ed alla sezione 3 con l'indicazione dell'ubicazione dei nodi scelti. Il fattore di amplificazione mostrato per ogni nodo corrisponde alla media dei fattori di amplificazione ottenuti dai 7 accelerogrammi analizzati.

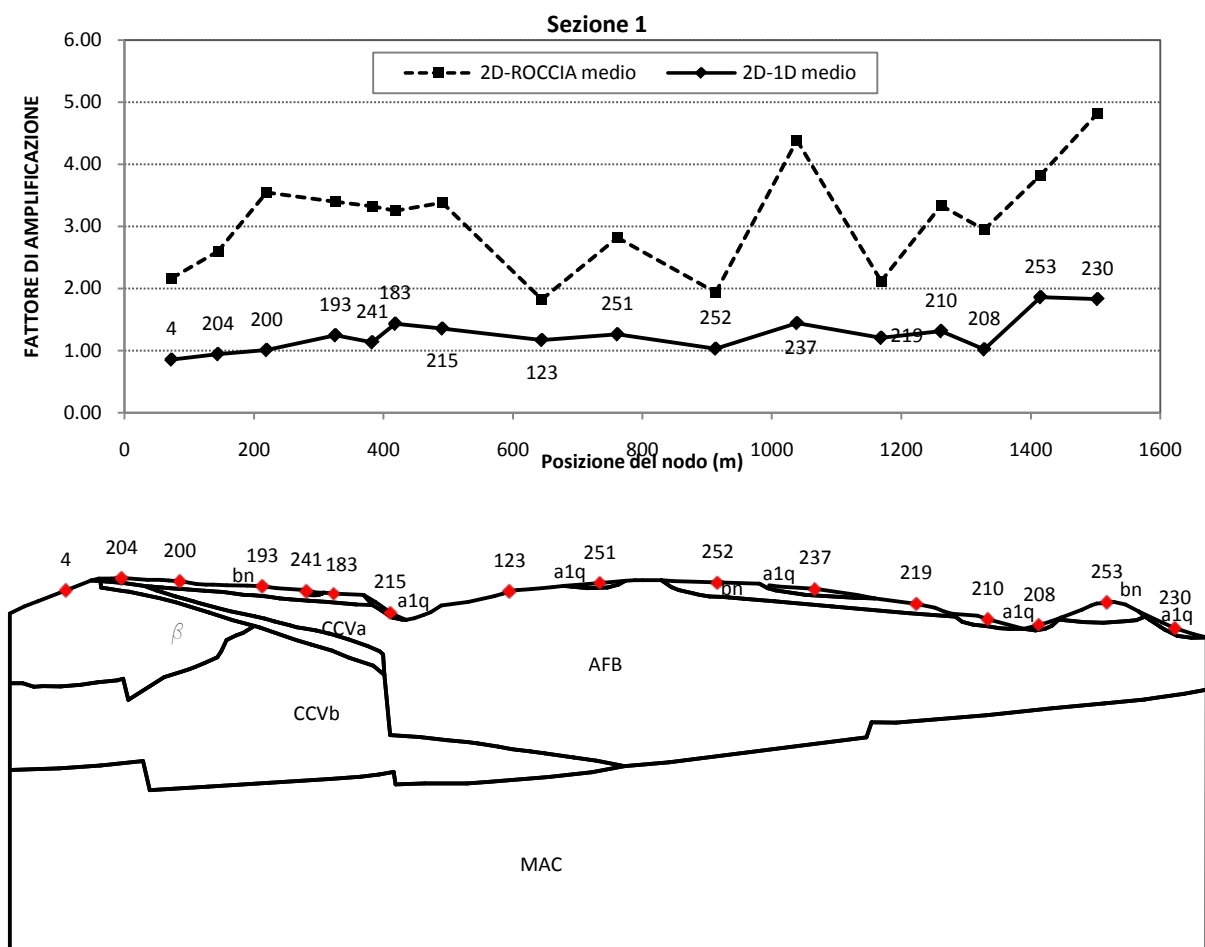


Figura 2: Fattori di amplificazione 2D/1D e 2D/roccia medi per la sezione 1 di Villa Collemandina.

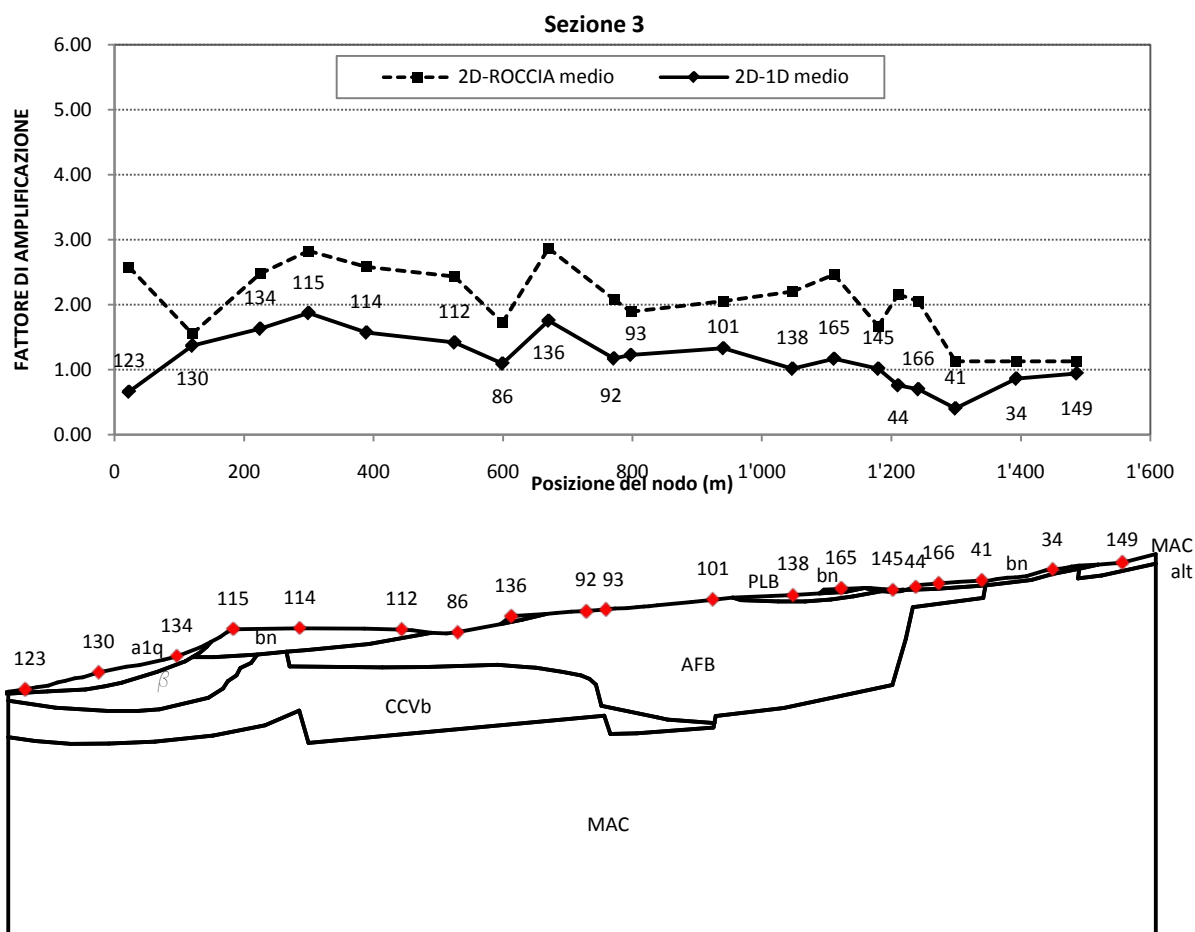


Figura 3: Fattori di amplificazione 2D/1D e 2D/roccia medi per la sezione 3 di Villa Collemandina.

3. Criteri per l'impiego dei risultati ottenuti

La correlazione tra amplificazione “stratigrafica” e V_{s30} è dimostrata da numerosi studi ed accolta da tutte le normative tecniche derivate dall'Eurocodice 8 – parte 1 (1998). Tuttavia, questa correlazione non è dimostrata su basi scientifiche e alcune normative tecniche preferiscono, ad esempio, fare riferimento al periodo proprio della copertura (NZS 1170.5, 2004). Peraltro, il programma VEL ha dimostrato che tale parametro può essere determinato con buona approssimazione da indagini di sismica a rifrazione in onde SH, economiche e spedite.

Nel caso particolare l'obiettivo è quello di correlare i fattori di amplificazione, ottenuti in un contesto geologico omogeneo, con parametri sintetici di semplice determinazione al fine di estendere all'intero territorio di studio i risultati delle analisi di risposta sismica.

Pertanto, i fattori di amplificazione ottenuti da analisi 2D (QUAKE/W) e da analisi 1D (Strata) per le sezioni geologico - geotecniche di Villa Collemandina (Capoluogo e Corfino) sono stati diagrammati in funzione di diversi parametri sintetici. In particolare il rapporto tra la PGA, ottenuta dalle analisi monodimensionali e bidimensionali, e la PGA attesa per il sito in esame su suolo di categoria A (INGV 2012, NTC 2008) è stato diagrammato per ogni punto analizzato in funzione di: V_{s30} , rapporto tra la V_s del bedrock e la V_s dello strato di copertura, H_c spessore dello strato di copertura e T_c periodo proprio dello strato di copertura. In funzione degli stessi parametri è stato diagrammato anche il fattore di amplificazione $F_a(\xi, T)$, descritto precedentemente, considerando al numeratore lo spettro medio ottenuto dalle analisi sia 1D che 2D ed al denominatore lo spettro di normativa previsto per la categoria di sottosuolo A (Peti G., 2013). Per ragioni di brevità riportiamo nella figura seguente solo due dei grafici descritti.

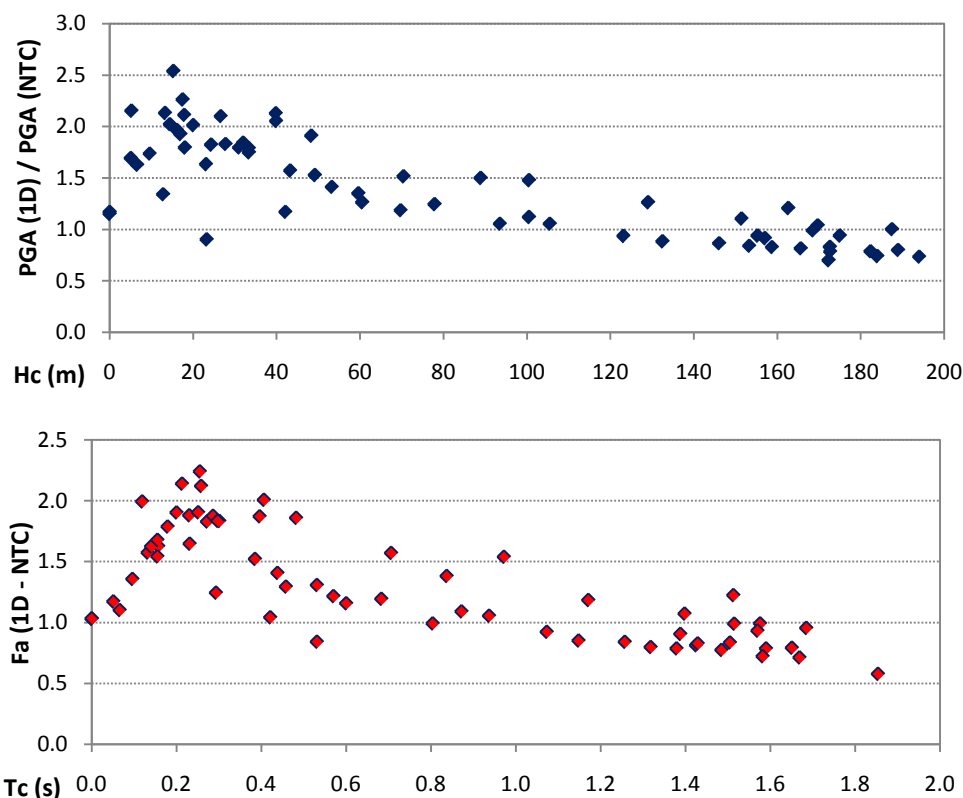


Figura 4: Diagramma del rapporto tra la PGA, ottenuta dalle analisi 1D(Strata), e la PGA(NTC cat.A) in funzione di Hc; diagramma del fattore di amplificazione ottenuto dalle analisi 1D(Strata) in funzione di Tc.

4. Conclusioni

E' possibile trarre le seguenti conclusioni:

- Le analisi 2D e 1D effettuate con il medesimo codice di calcolo (QUAKE/W) evidenziano, per le sezioni analizzate, una modesta amplificazione dovuta agli effetti geometrici;
- I risultati ottenuti mostrano invece significative amplificazioni, per le sezioni analizzate, rispetto a quanto previsto dalla normativa (INGV 2012, NTC 2008);
- I fattori di amplificazione, sia in termini di PGA che in termini di spettro, si correlano molto bene con lo spessore della copertura, soprattutto per $H_c > 20$ m;
- La riduzione del fattore di amplificazione, al crescere del periodo proprio della copertura nel contesto analizzato, è da attribuirsi sostanzialmente all'aumento di H_c e pertanto i due parametri si possono considerare in questo caso equivalenti.

Bibliografia

- Eurocodice 8 – parte 1 (2004) Design of structures for earthquake resistance. General rules , seismic actions and rules for buildings. EN 1998.1
- Foti S., Lo Presti D. C., Pallara O., Rainone M.L., Signanini P. (2002). Indagini geotecniche e geofisiche per la caratterizzazione del sito di Castelnuovo Garfagnana (Lucca). Rivista Italiana di Geotecnica, 3/2002 pp.42-60
- Giusti I. et al., Analisi di risposta sismica 2d di forme vallive negli Appennini settentrionali, IARG 2012
- INGV (2012) <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>
- Krahn J. (2007) Dynamic Modelling with Quake/W 2007, Geo-Slope International Ltd
- Kottke A. and Rathje E., Strata; The University of Texas
- Lai et al. SCALCONA 2.0 - Definizione di input sismici sismo-compatibili e spettro-compatibili per i Comuni della Regione Toscana (2012)
- NTC (2008) Nuove norme tecniche sulle costruzioni; DM 14 Gennaio. GU n°29, 04/02/2008
- NZS 1170.5 (2004) Structural design actions. Part 5 Earthquake actions New Zealand
- Peti G., Studio degli spettri di risposta sismica da normativa, 1D e 2D; 2013
- Regione Toscana – Programma VEL (2013) – Istruzioni tecniche per le indagini geologico-tecniche, le indagini geofisiche e geotecniche, statiche e dinamiche, finalizzate alla valutazione degli effetti locali nei comuni classificati sismici
- Yokota K. et al. (1981). Dynamic Deformation Characteristics of Soils Determined by Laboratory Tests. OYO Tec. Rep. 3, pp.13-37