

Definizione dell'input sismico sulla base degli spostamenti attesi

Task 1: Perfezionamento ed integrazioni del modello iniziale di riferimento per lo Spettro di Risposta di Spostamento



Unità di Ricerca 6 - Dipartimento di Ingegneria Strutturale - Politecnico di Milano

Contributi da: Roberto Paolucci, Daniela Finazzi, Raffaele Figini

UR6: *principali attività svolte nel primo anno*

- reperimento su scala mondiale di registrazioni *strong motion* ottenute da accelerografi digitali, successive al 2001, e loro inclusione nella base dati di calibrazione del modello di riferimento;
- valutazione dell'effetto della procedura di correzione degli accelerogrammi sullo SRS al fine di individuare i dati più affidabili sui quali eseguire le analisi successive;
- **analisi dei dati e calcolo delle nuove curve spettrali medie, ai fini della validazione dello spettro di riferimento FPR04;**
- **formulazione di un nuovo modello di riferimento sulla base dell'analisi dei nuovi dati;**
- **analisi della componente verticale ed introduzione di un modello di riferimento per lo SRS in termini di componente verticale;**
- **valutazione degli effetti di sito sullo SRS: sia mediante analisi dei dati accelerometrici sia sulla base di simulazioni numeriche e considerazioni teoriche;**
- selezione di una nuova “mini” base di dati di accelerogrammi di ottima qualità, aventi spettri di risposta in spostamento congruenti con le nuove forme spettrali elaborate, da utilizzarsi per analisi strutturali;

Trattamento base di dati mondiale

1. Estensione sino a 150 km del campo di interesse
2. Utilizzo della distanza ipocentrale anziché epicentrale
3. Decimazione del database al fine di avere classi di (M,d) omogenee per l'elaborazione delle forme spettrali medie
4. Correzione dati accelerometrici con procedura automatizzata:
sottrazione linea base calcolata solo su pre-evento ed eliminazione della coda del segnale
5. Calcolo spettri in spostamento per 200 valori del periodo proprio compresi tra 0 e 10 secondi e per un fattore di smorzamento pari al 5 %
6. Calcolo della media geometrica tra le due componenti orizzontali
7. Calcolo delle forme spettrali mediane (distrib. Lognormale), per classi di Magnitudo (4) e distanza ipocentrale (6).

Aggiornamento della base accelerometrica digitale

Classe $5.5 \leq M \leq 5.9$

Regione	Totale	10-30 km	30-50 km	50-75 km	75-100 km	100-125 km	125-150 km
<i>Italia</i>	7	6	0	1	0	0	0
<i>Turchia</i>	15	1	8	2	3	1	0
<i>Giappone</i>	282	13	36	42	62	64	65
<i>Stati Uniti</i>	32	11	10	7	4	0	0

Classe $5.0 \leq M \leq 5.4$

Regione	Totale	10-30 km	30-50 km	50-75 km	75-100 km	100-125 km	125-150 km
<i>Italia</i>	4	3	0	1	0	0	0
<i>Giappone</i>	580	42	88	117	116	109	108

Classe $6.0 \leq M \leq 6.3$

Regione	Totale	10-30 km	30-50 km	50-75 km	75-100 km	100-125 km	125-150 km
<i>Italia</i>	1	0	1	0	0	0	0
<i>Turchia</i>	1	1	0	0	0	0	0
<i>Iran</i>	21	2	7	3	5	3	1
<i>Giappone</i>	258	7	27	44	50	68	62

Classe $6.4 \leq M \leq 6.6$

Regione	Totale	10-30 km	30-50 km	50-75 km	75-100 km	100-125 km	125-150 km
<i>Islanda</i>	28	14	6	5	1	0	2
<i>Iran</i>	52	2	8	17	8	14	3
<i>Giappone</i>	73	9	9	10	11	18	16
<i>Stati Uniti</i>	3	0	0	1	1	0	1

Classe $6.7 \leq M \leq 7.2$

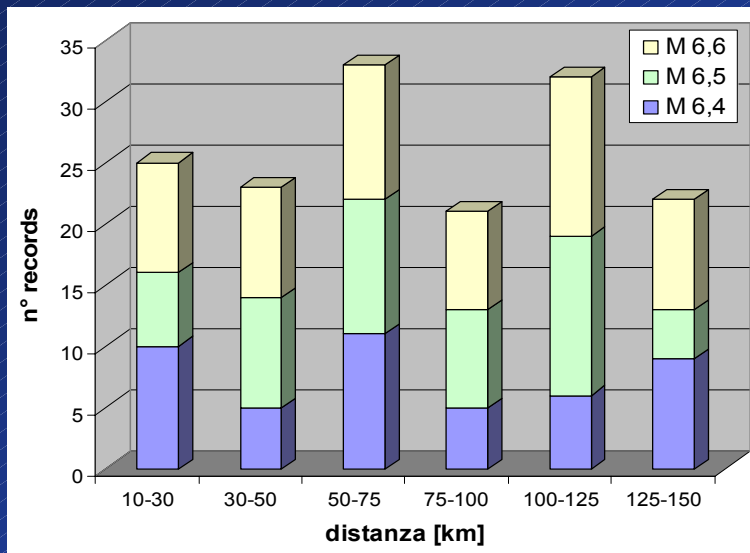
Regione	Totale	10-30 km	30-50 km	50-75 km	75-100 km	100-125 km	125-150 km
<i>Iran</i>	4	0	1	1	1	0	1
<i>Turchia</i>	8	1	3	1	0	2	1
<i>Giappone</i>	8	3	1	2	0	1	1
<i>Stati Uniti</i>	26	0	1	4	7	8	6

FPR04: 253 registrazioni

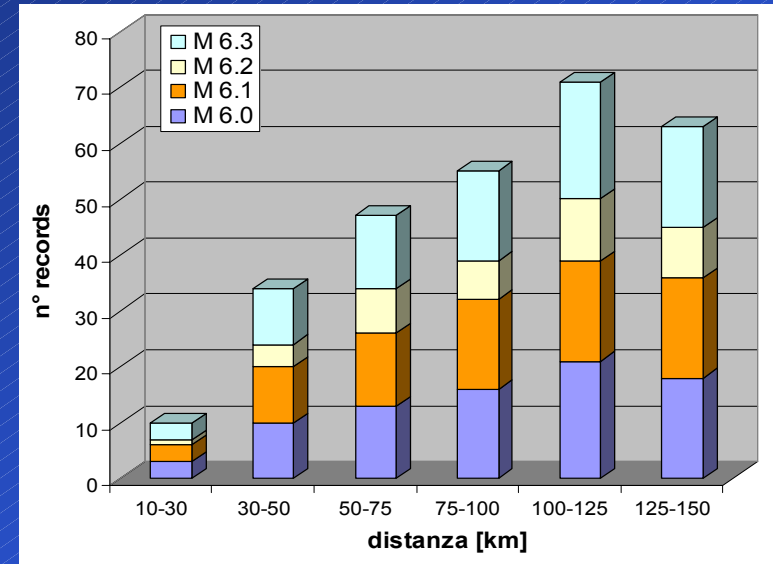
Nuova base di dati: 1358 registrazioni digitali

Base dati accelerometrica digitale

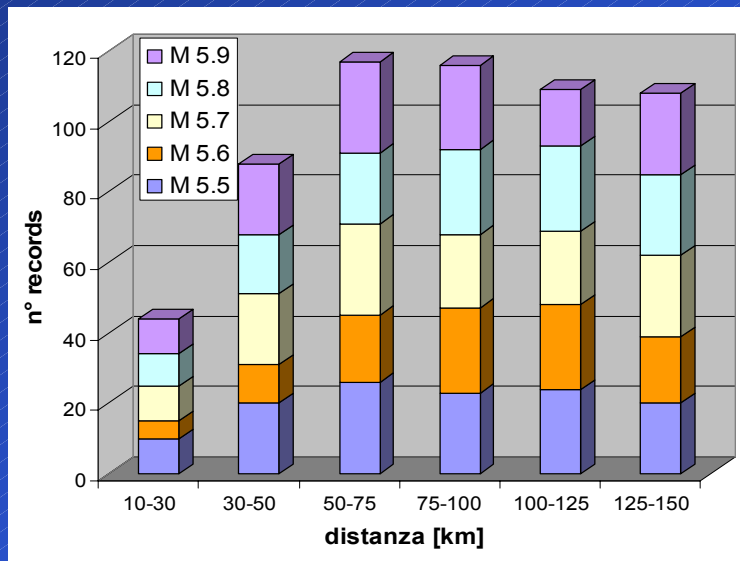
Classe $6.4 \leq M \leq 6.6$: 156 records



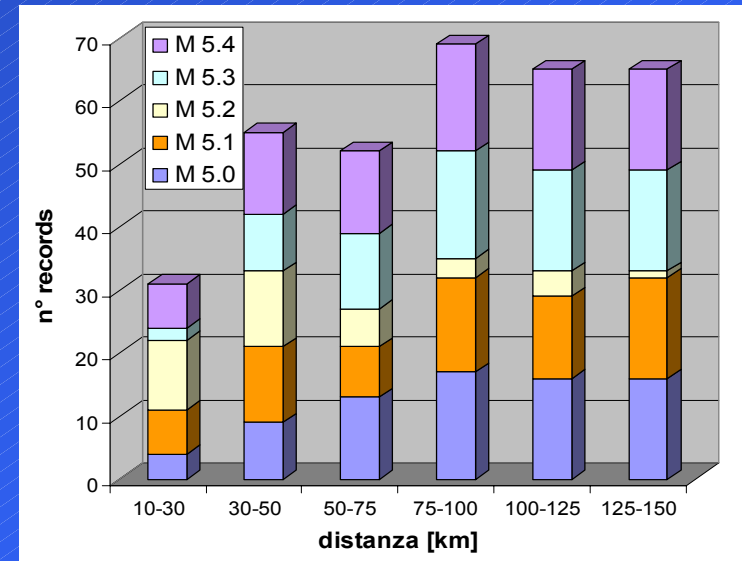
Classe $6.0 \leq M \leq 6.3$: 280 records



Classe $5.5 \leq M \leq 5.9$: 582 records



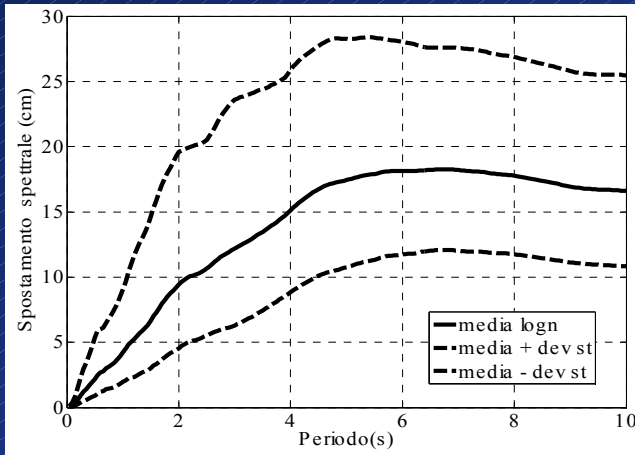
Classe $5.0 \leq M \leq 5.4$: 337 records



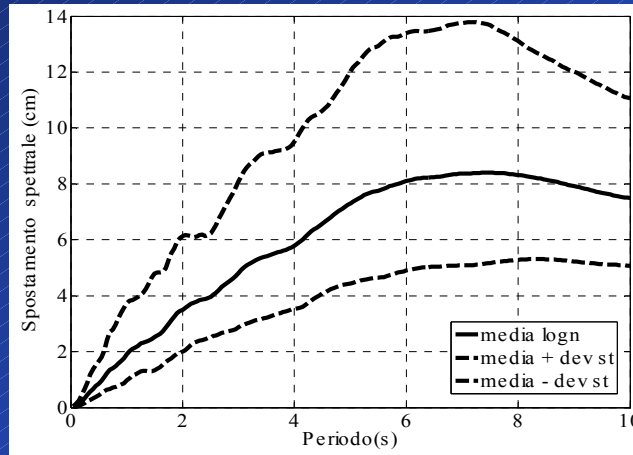
Forme spettrali- componenti orizzontali

Forme spettrali per $6.4 \leq M_w \leq 6.6$

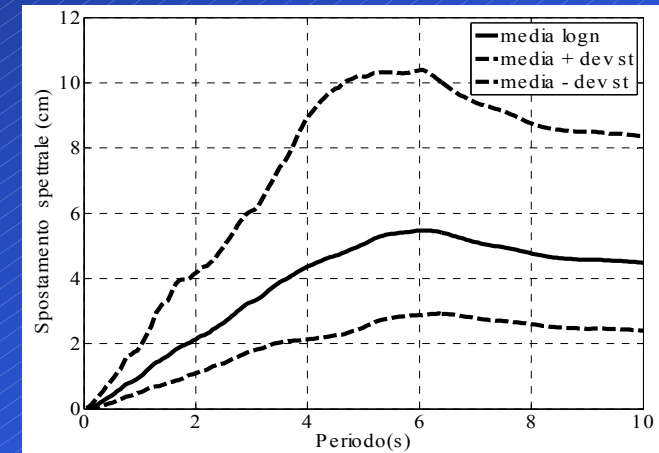
$10 < d_f < 30$



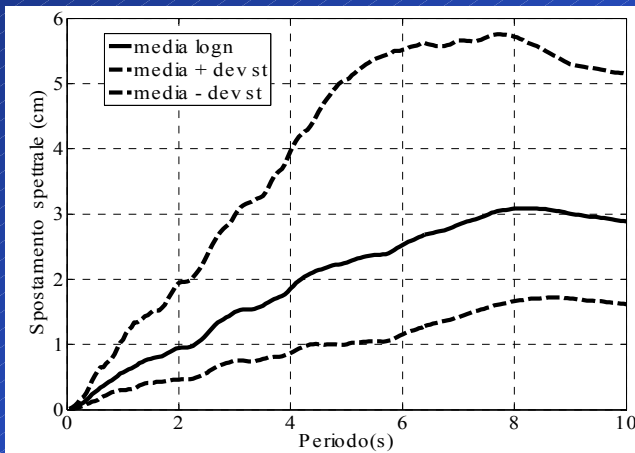
$30 < d_f < 50$



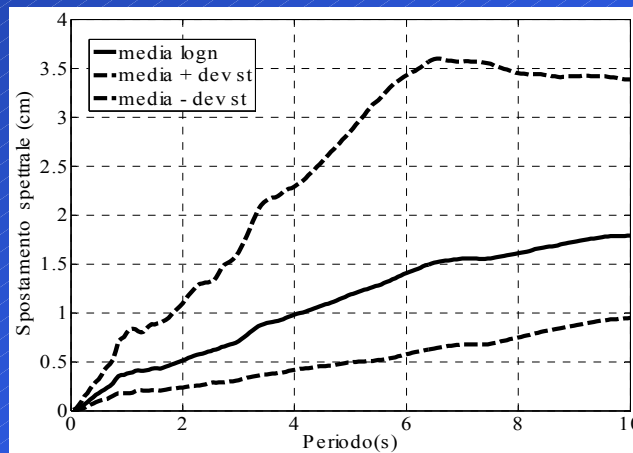
$50 < d_f < 75$



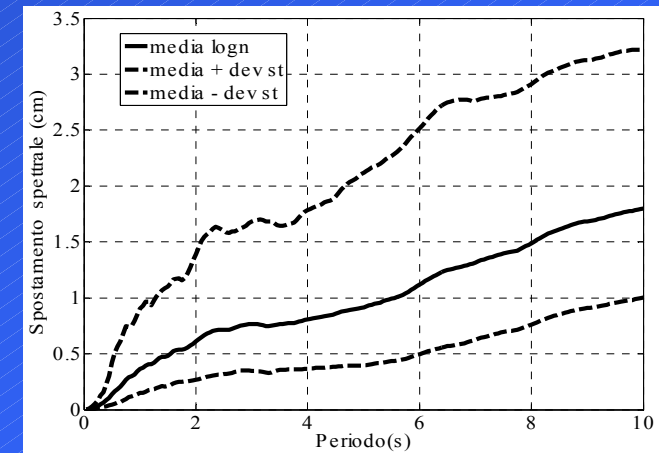
$75 < d_f < 100$



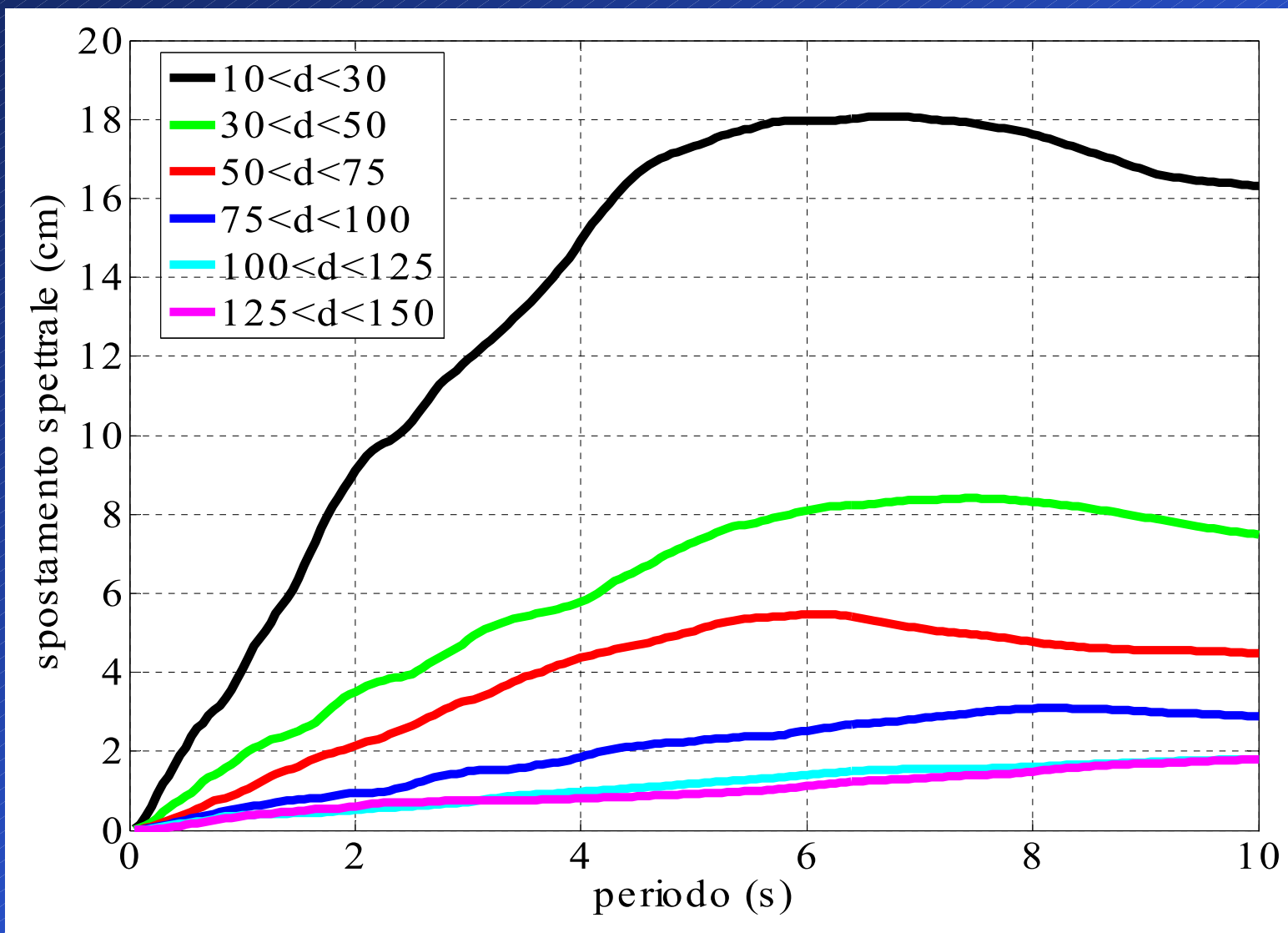
$100 < d_f < 125$



$125 < d_f < 150$

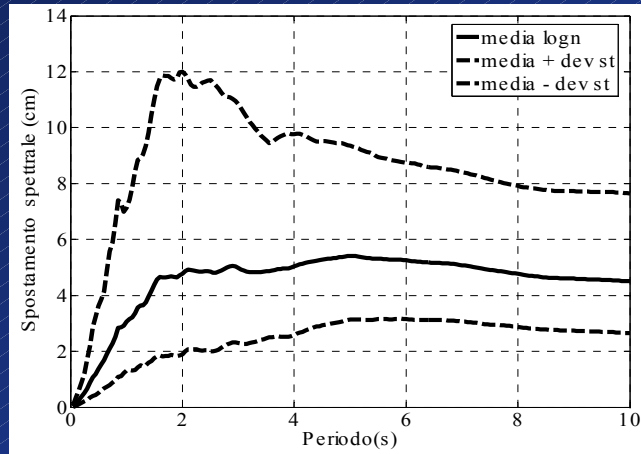


Forme spettrali per $6.4 \leq M_w \leq 6.6$: effetto della distanza ipocentrale

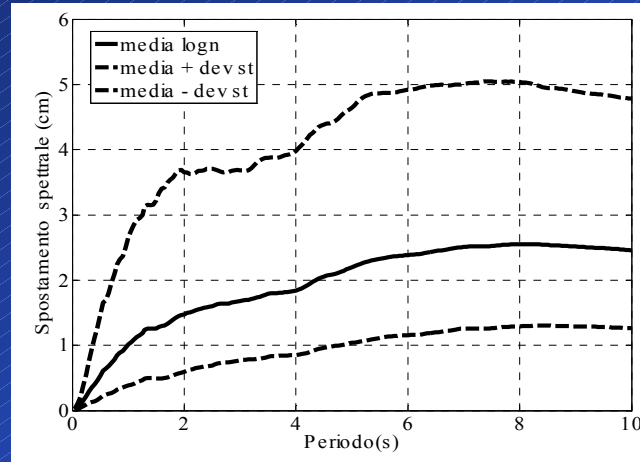


Forme spettrali per $6.0 \leq M_w \leq 6.3$

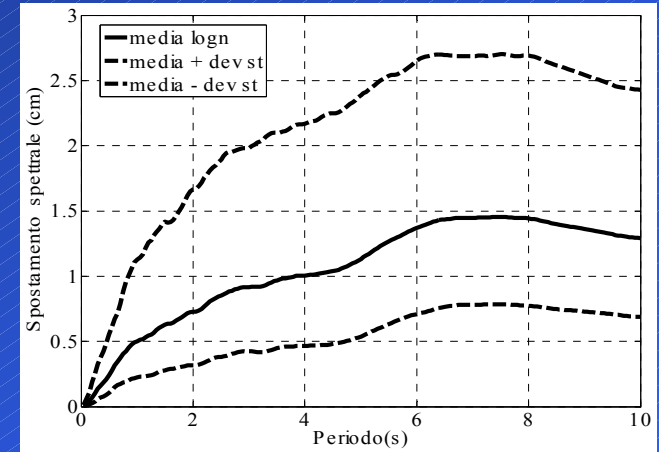
$10 < d_f < 30$



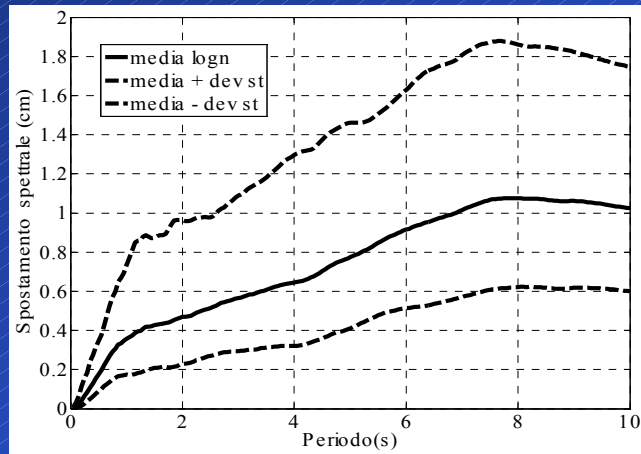
$30 < d_f < 50$



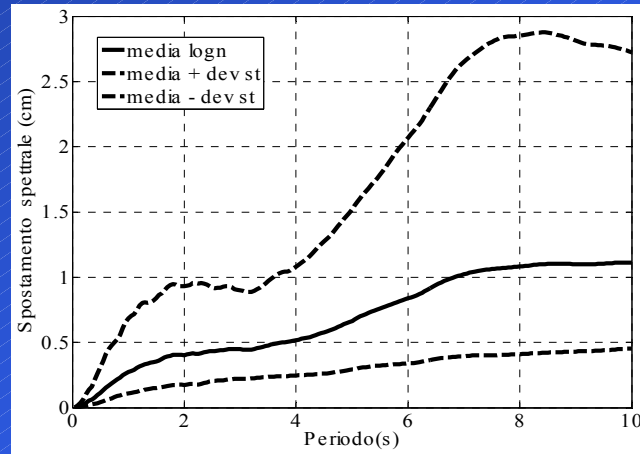
$50 < d_f < 75$



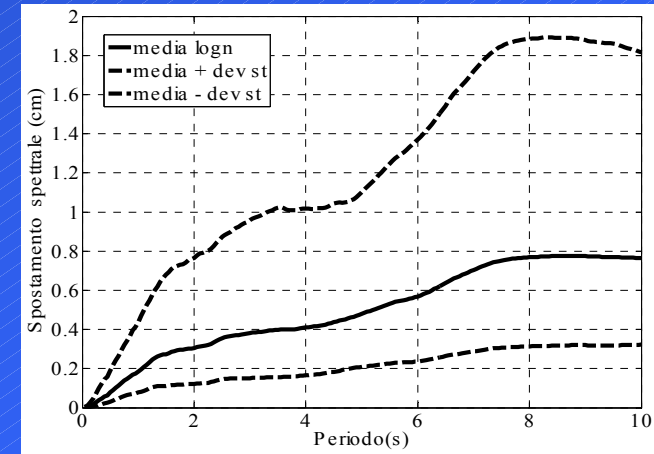
$75 < d_f < 100$



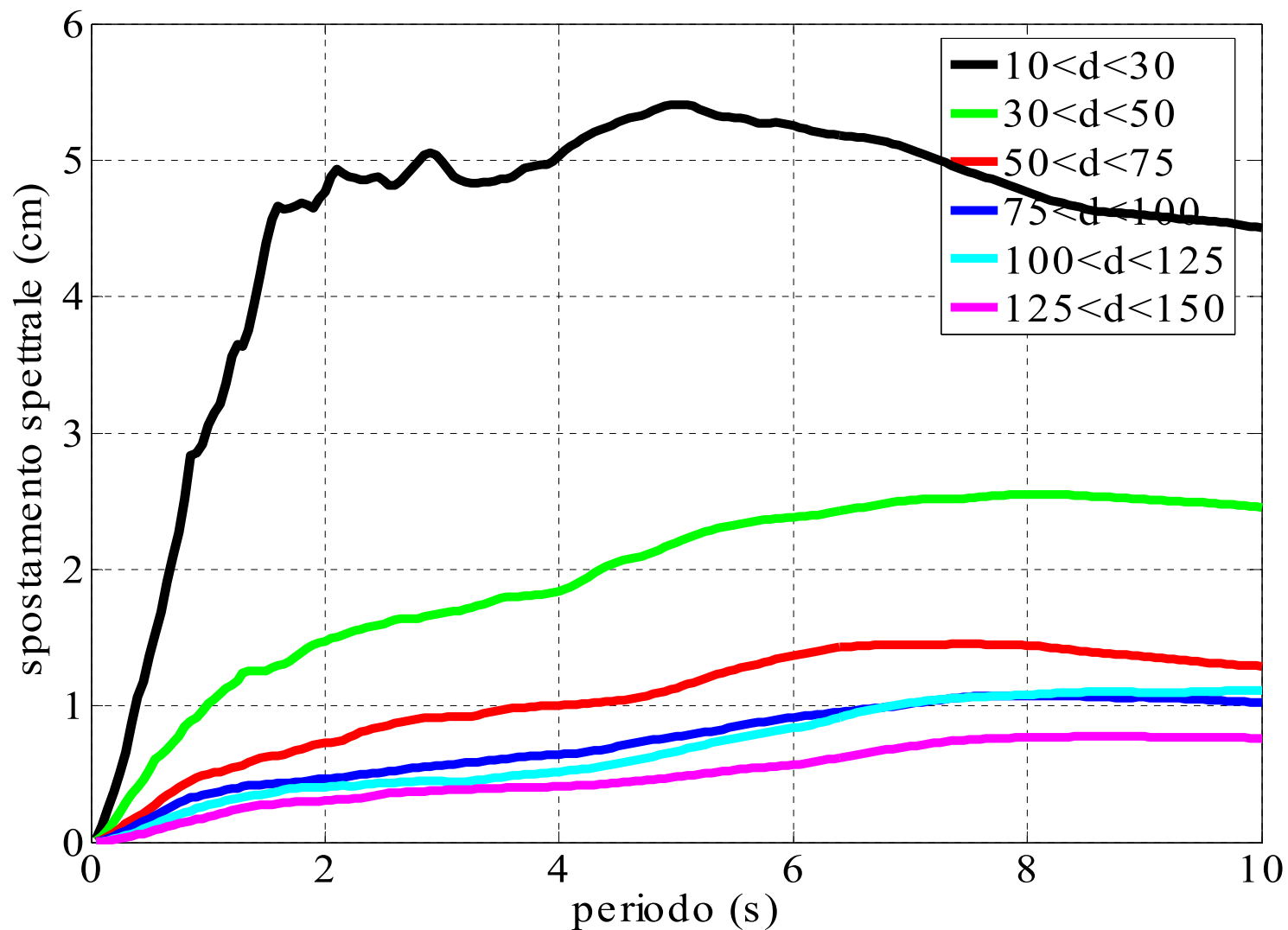
$100 < d_f < 125$



$125 < d_f < 150$

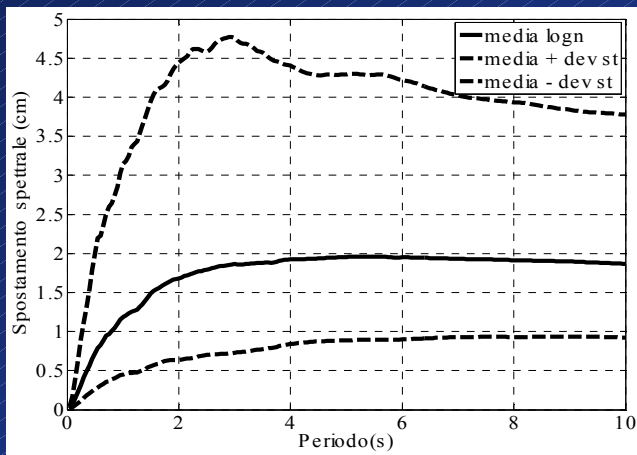


Forme spettrali per $6.0 \leq M_w \leq 6.3$: effetto della distanza ipocentrale

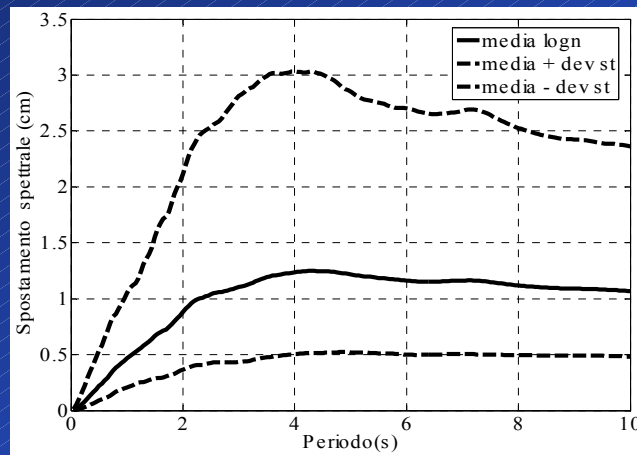


Forme spettrali per $5.5 \leq M_w \leq 5.9$

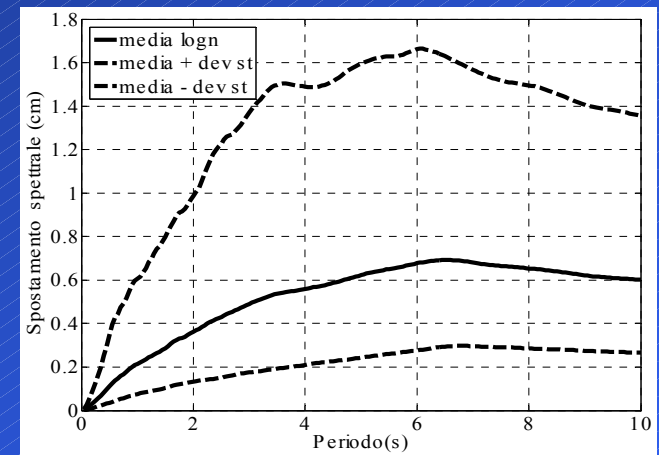
$10 < d_f < 30$



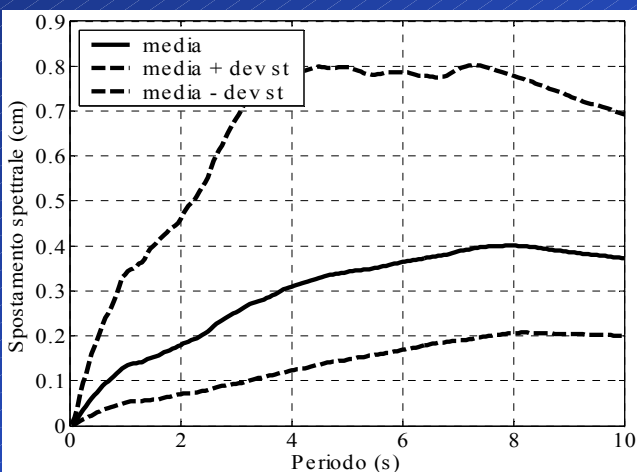
$30 < d_f < 50$



$50 < d_f < 75$



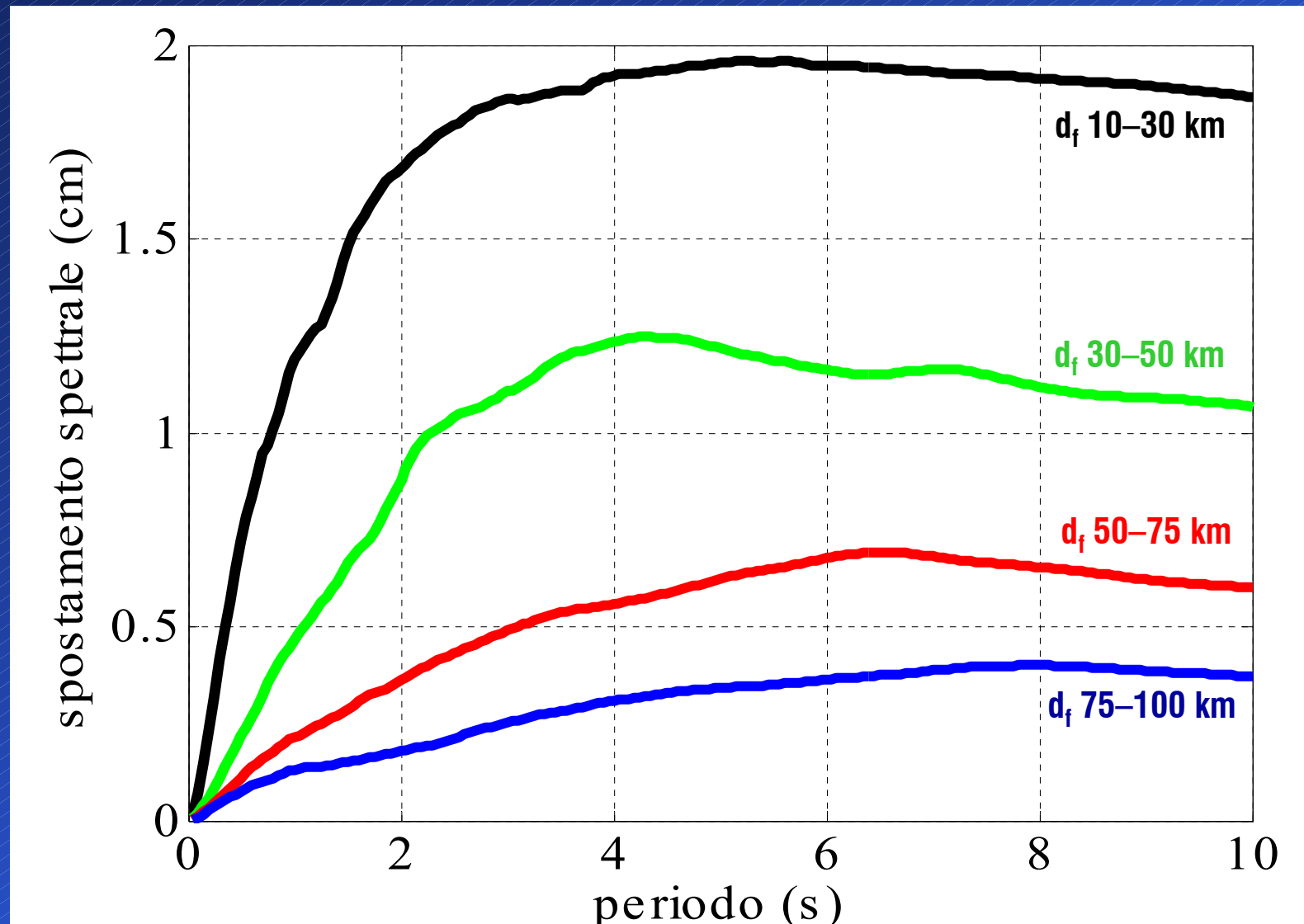
$75 < d_f < 100$



$100 < d_f < 125$

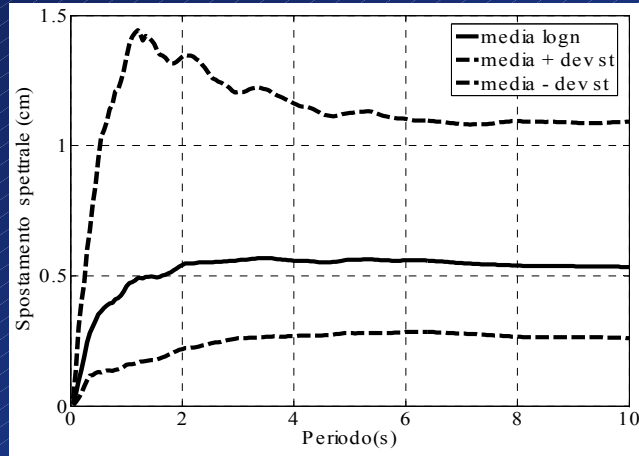
$125 < d_f < 150$

Forme spettrali per $5.5 \leq M_w \leq 5.9$: effetto della distanza ipocentrale

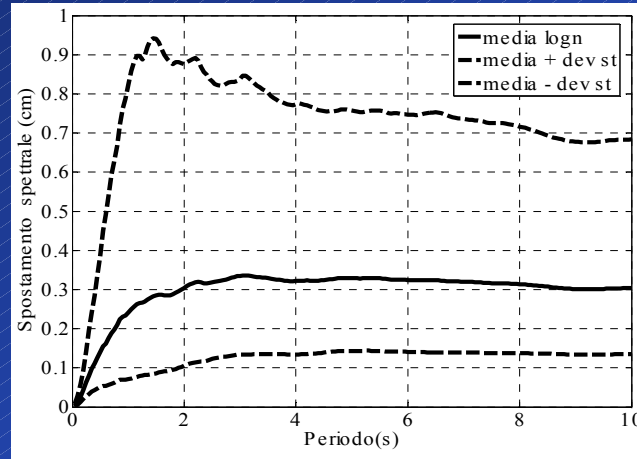


Forme spettrali per $5.0 \leq M_w \leq 5.4$

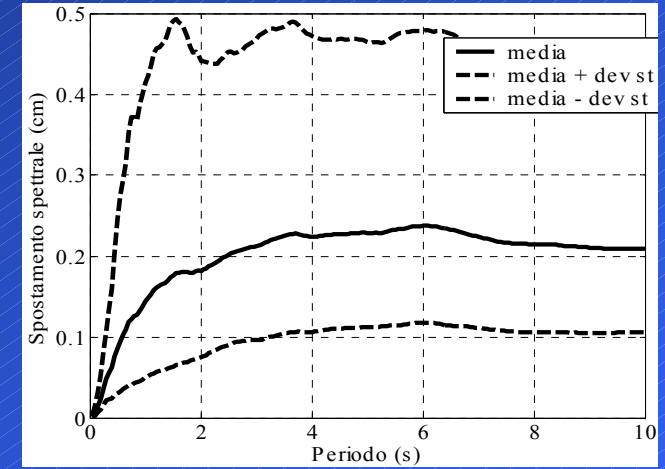
$10 < d_f < 30$



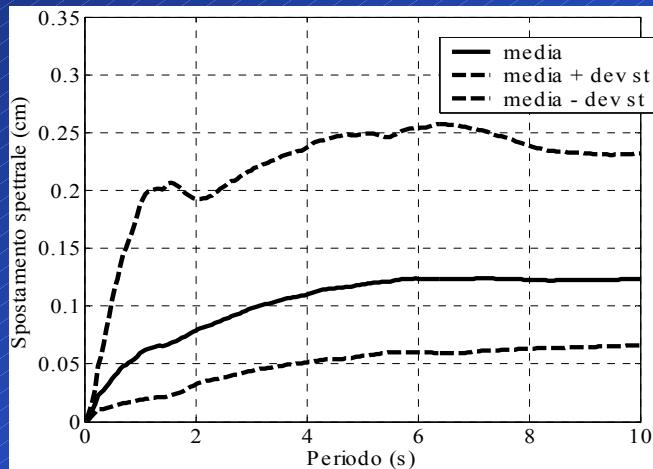
$30 < d_f < 50$



$50 < d_f < 75$



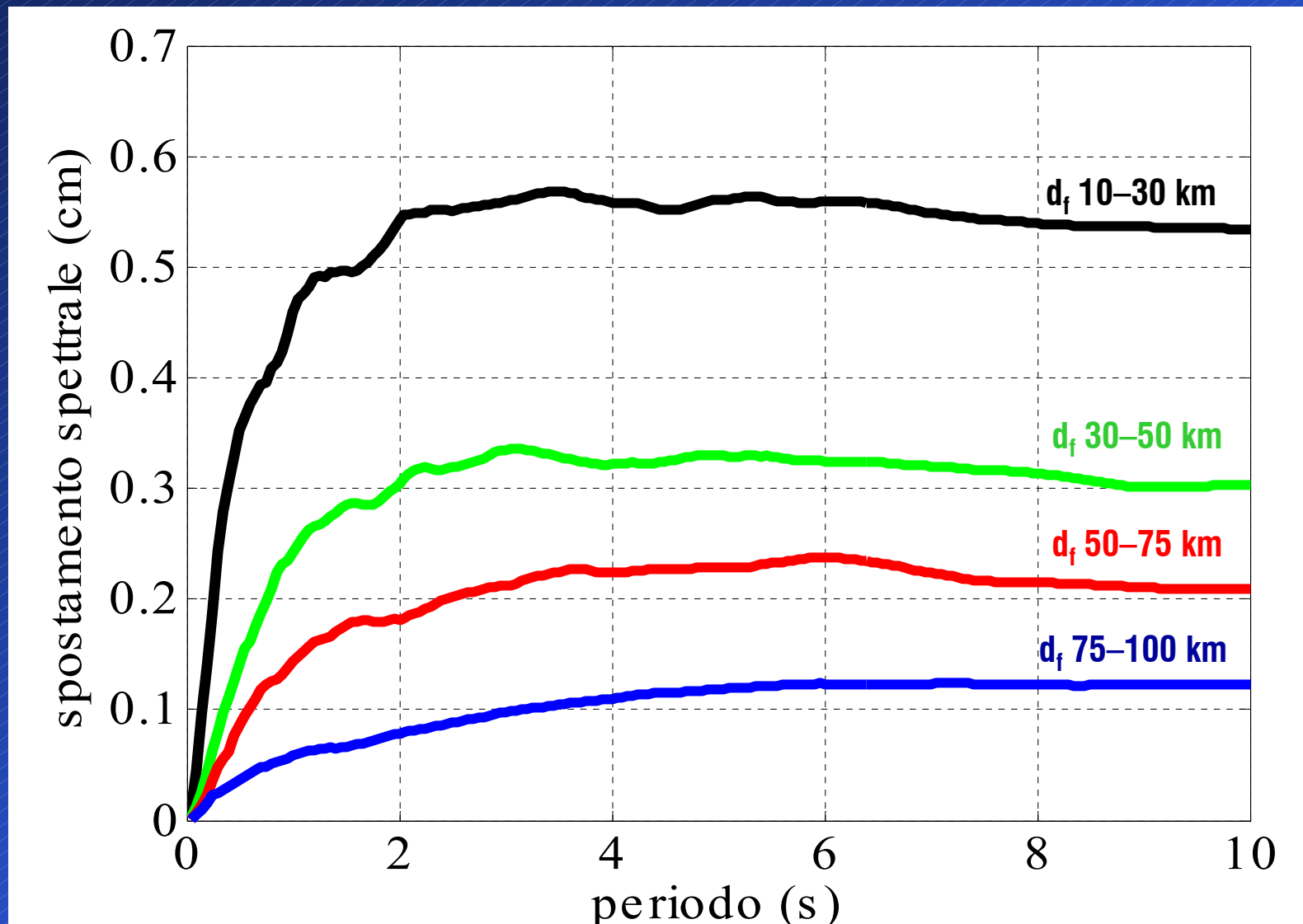
$75 < d_f < 100$



$100 < d_f < 125$

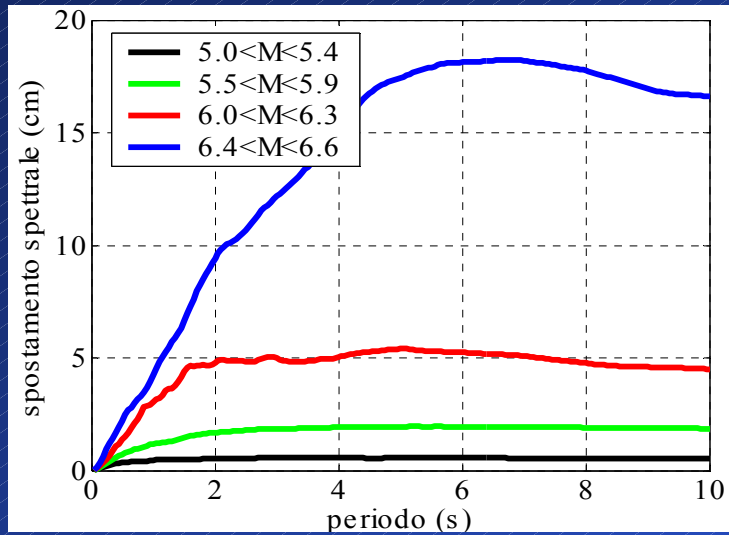
$125 < d_f < 150$

Forme spettrali per $5.0 \leq M_w \leq 5.4$: effetto della distanza ipocentrale

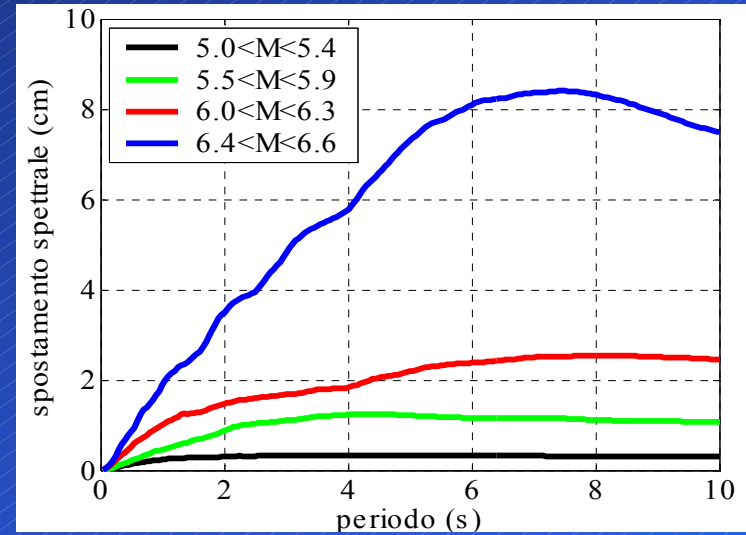


Forme spettrali : effetto della magnitudo

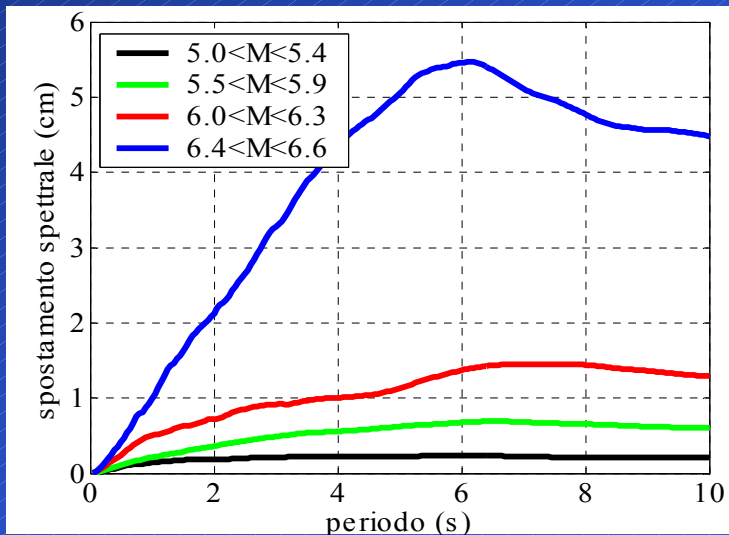
$10 < d_f < 30$



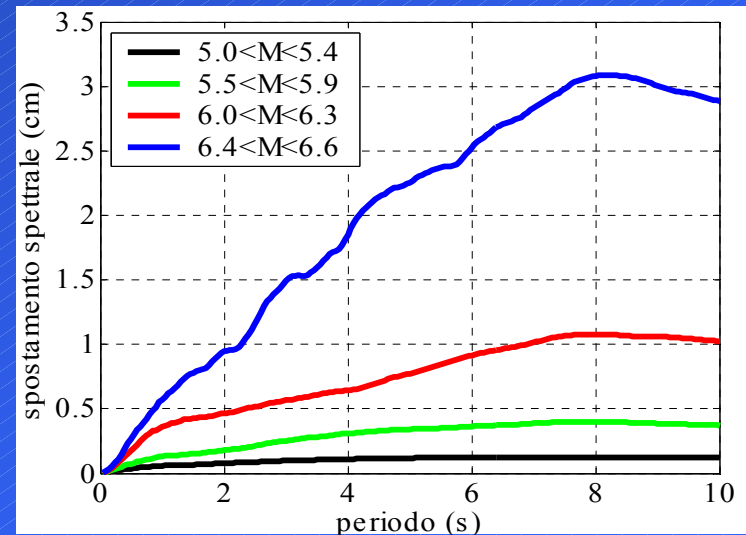
$30 < d_f < 50$



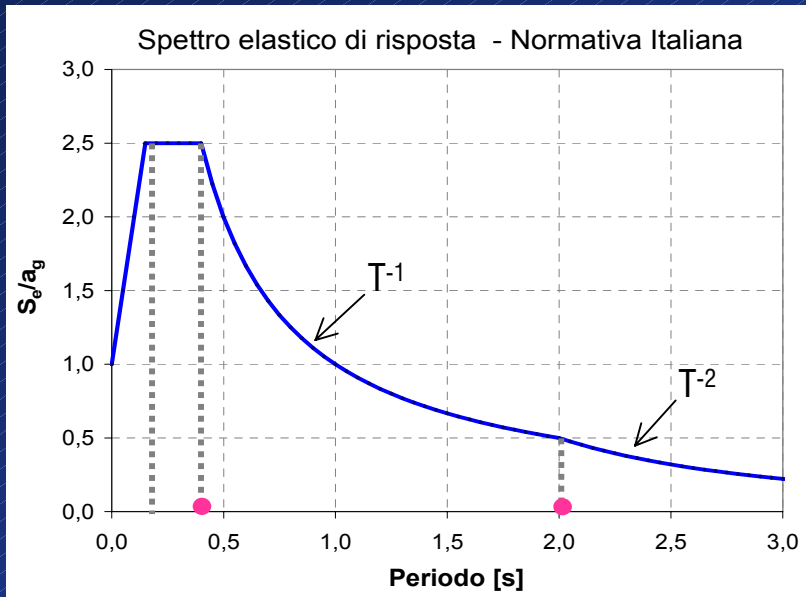
$50 < d_f < 75$



$75 < d_f < 100$



Ipotesi per il nuovo modello di riferimento



Ipotesi di modello per S_D : una bilineare

- 1° ramo – per $T \geq T_c$: $S_{De}(T) = a_g \cdot S \cdot 2.5 \cdot (T_c T) / (2\pi)^2$

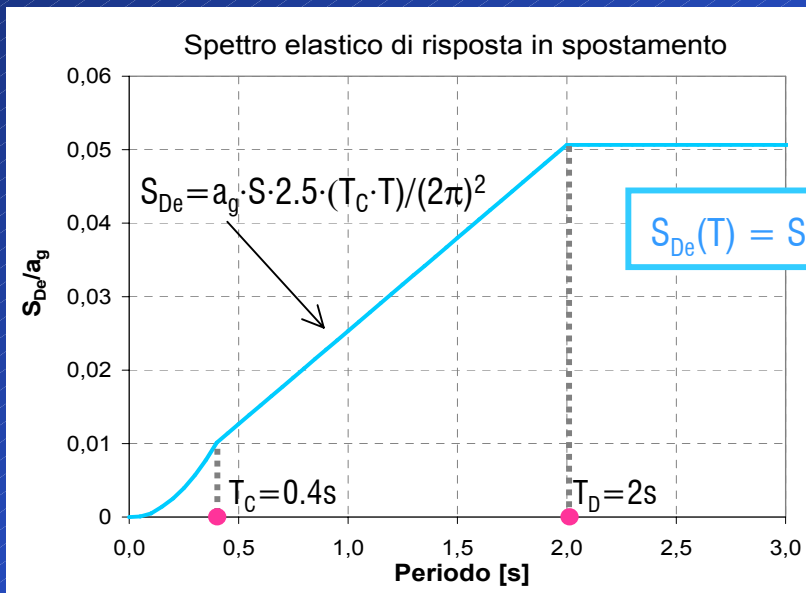
per corti periodi si mantiene il legame con lo spettro in accelerazione

Problema: come definire a_g ?

- 2° ramo – per $T \geq T_D$: $S_{De}(T) = d_g$

d_g è il valore dello spostamento ottenuto dalla relazione di attenuazione per D_{10}

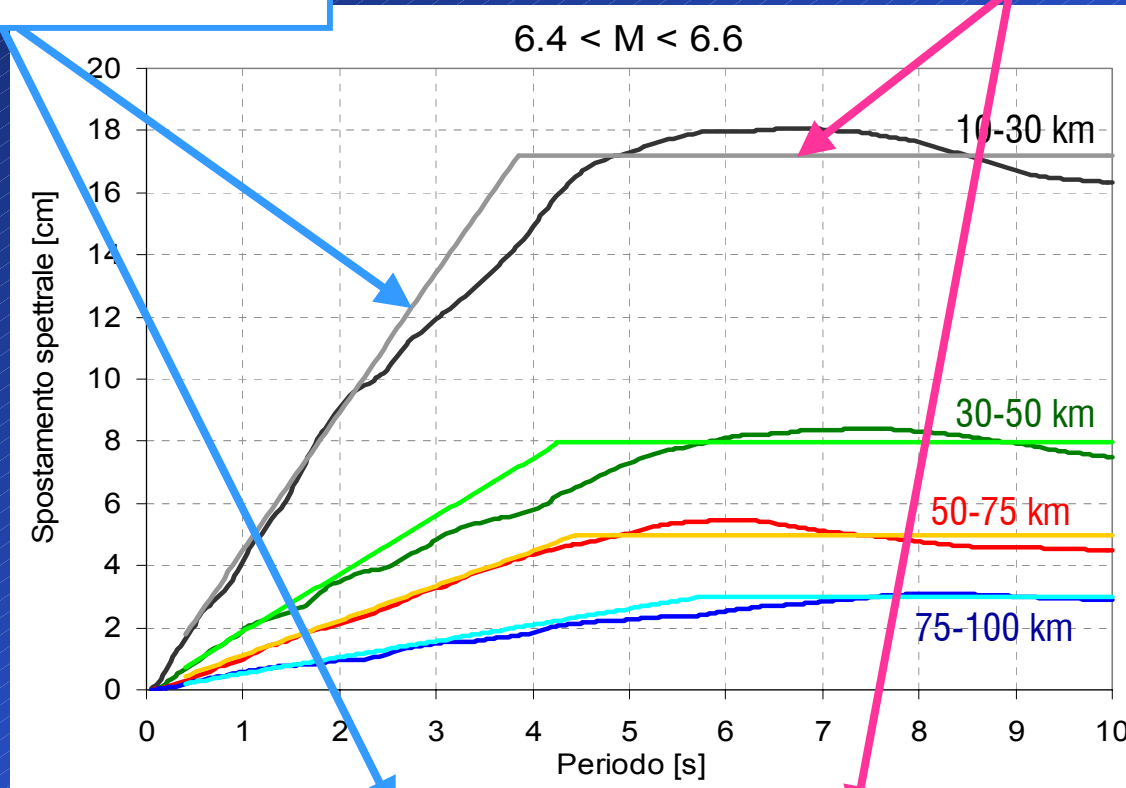
- il valore di T_D non è più fissato a 2s, ma sarà determinato dall'intersezione dei due rami, quindi varierà in funzione di magnitudo e distanza.



Ipotesi per il nuovo modello di riferimento

I valori di a_g che controllano il 1° ramo della bilineare sono stati scelti opportunamente al fine di ottenere un buon adattamento alla forma spettrale media

I valori di d_g che controllano il 2° ramo della bilineare sono stati calcolati come media tra il valore max dello spettro e il d_{10}



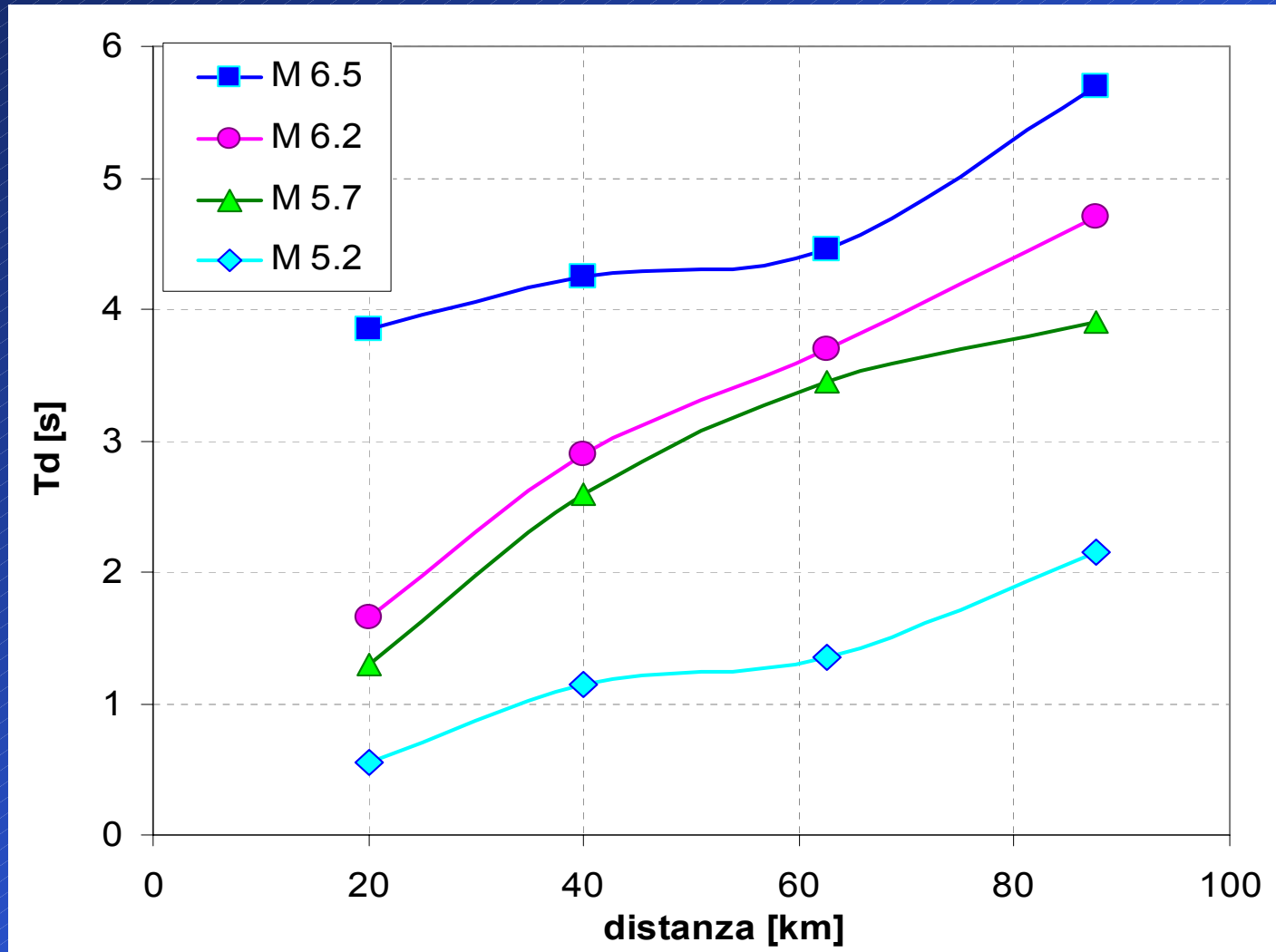
I valori di $a_{g \text{ medio}}$ sono calcolati come la media dei valori di a_{max} relativi alle accelerazioni utilizzate per calcolare le forme spettrali medie

d_{ipo} [km]	a_g [g]
10 - 30	0,180
30 - 50	0,075
50 - 75	0,045
75 - 100	0,021

d_g [cm]	T_D [s]
17,20	3,85
7,95	4,25
4,98	4,45
2,99	5,70

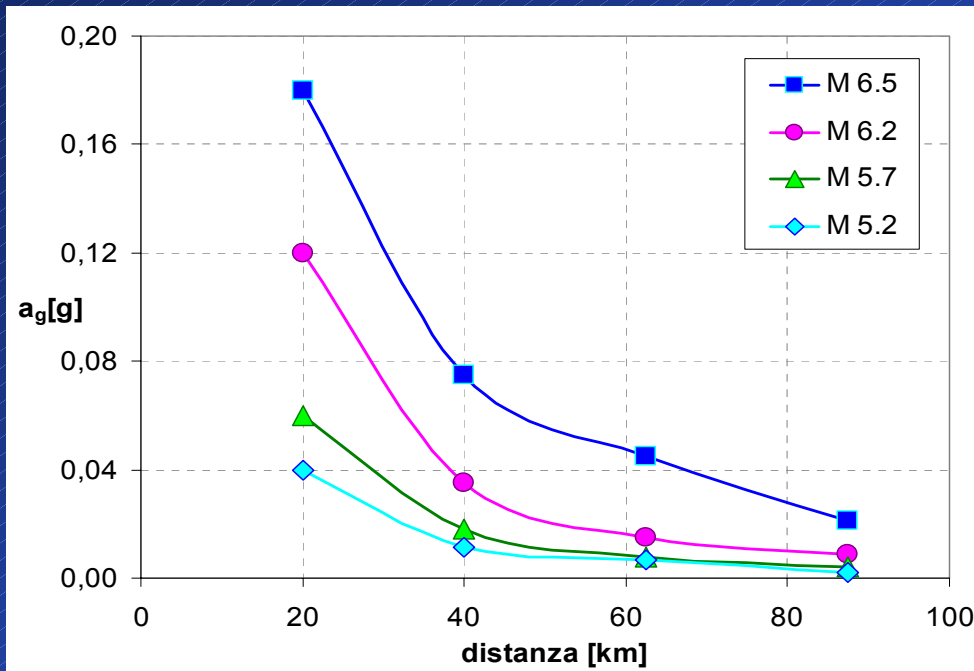
Ipotesi per il nuovo modello di riferimento

Andamento del valore del periodo d'angolo (T_D) con la distanza



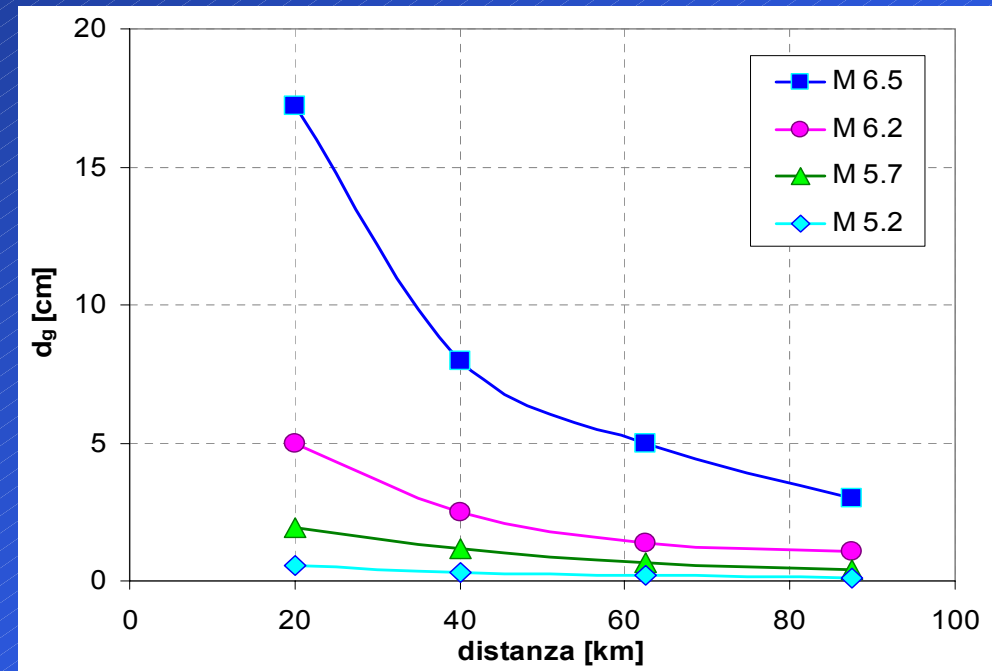
Ipotesi per il nuovo modello di riferimento

Andamento di a_g con la distanza:



parametro che influenza il 1° ramo (ascendente)

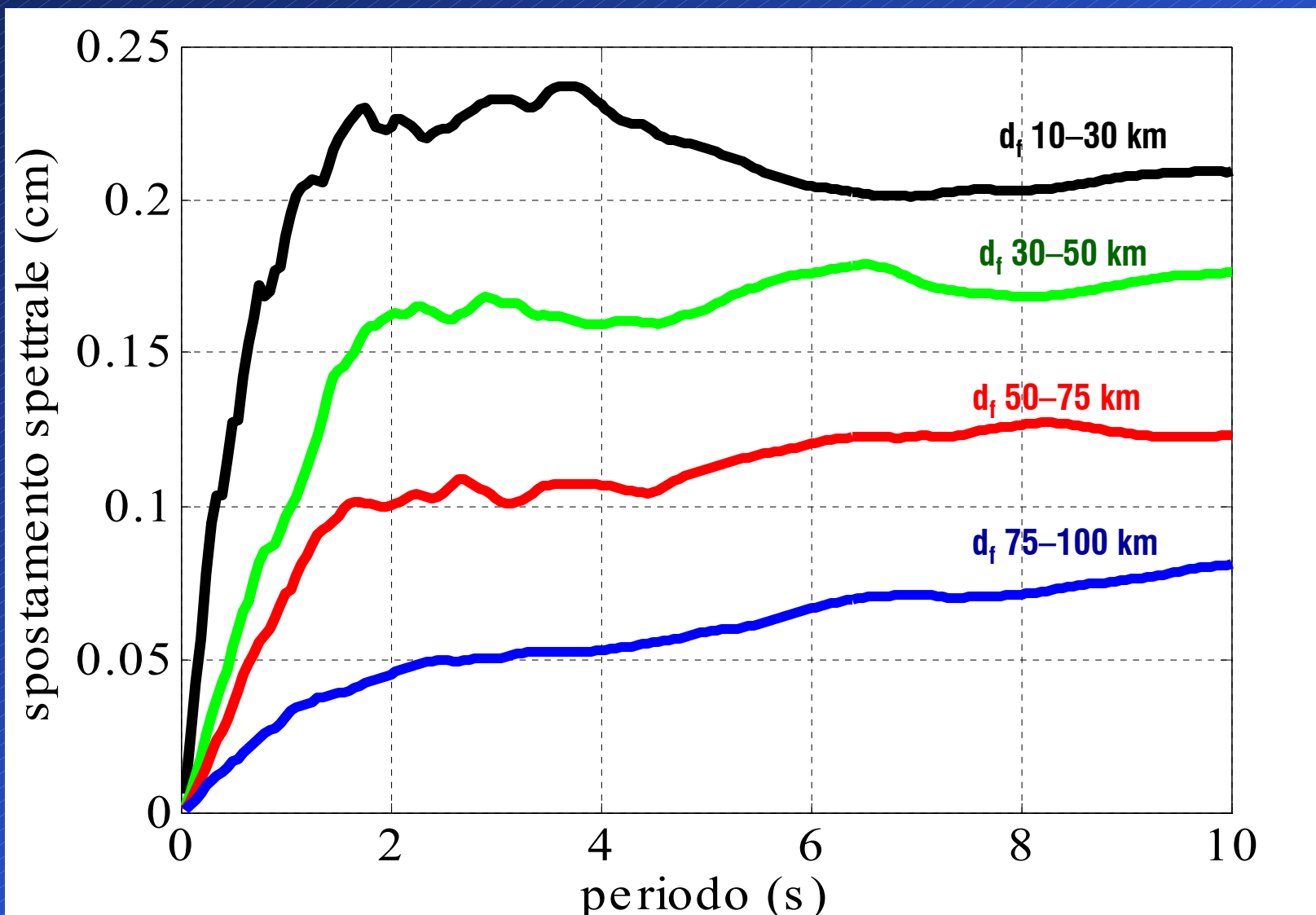
Andamento di d_g con la distanza:



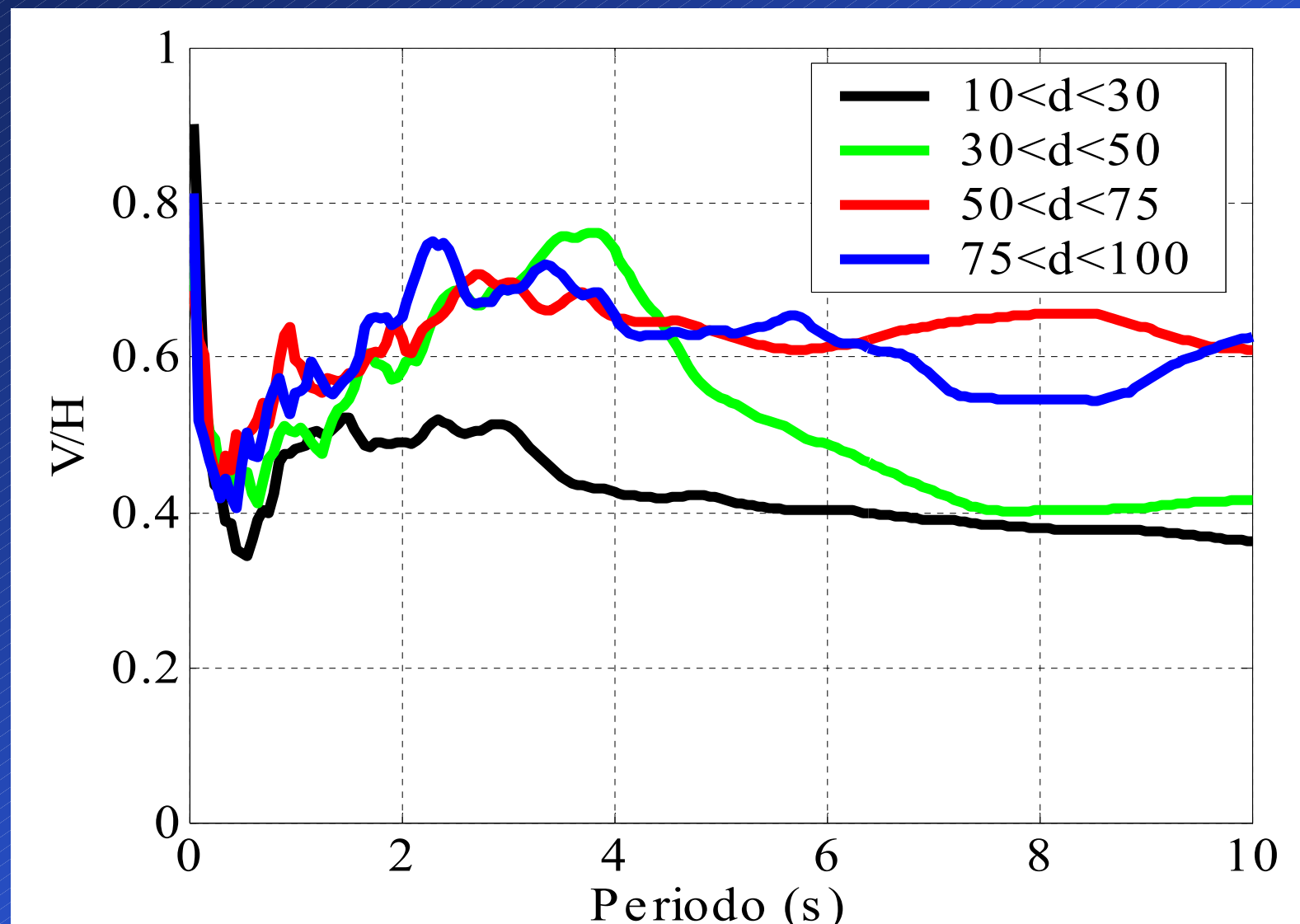
parametro che influenza il 2° ramo (orizzontale)

Forme spettrali- componenti verticali

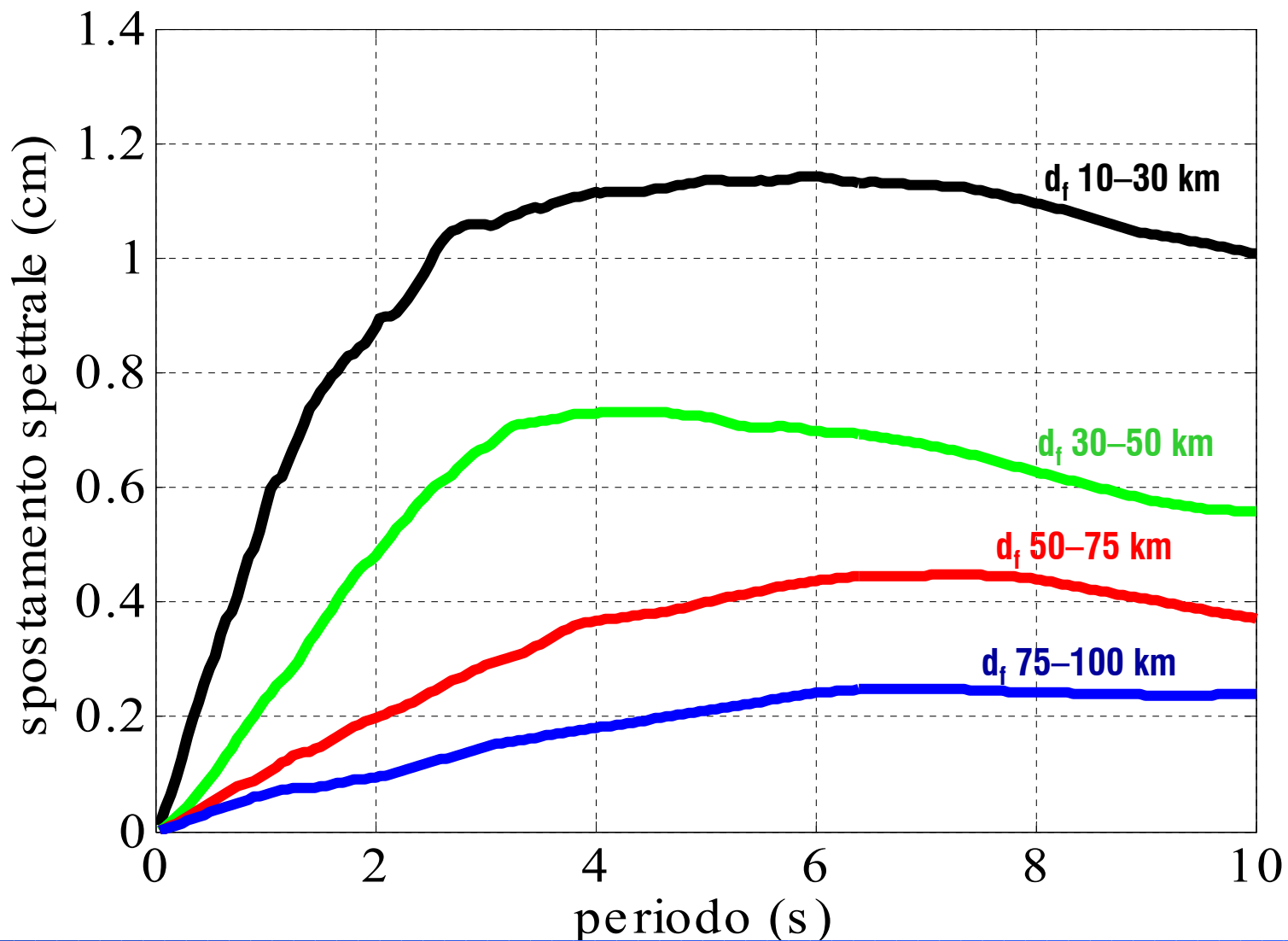
Forme spettrali per $5.0 \leq M_w \leq 5.4$: effetto della distanza ipocentrale



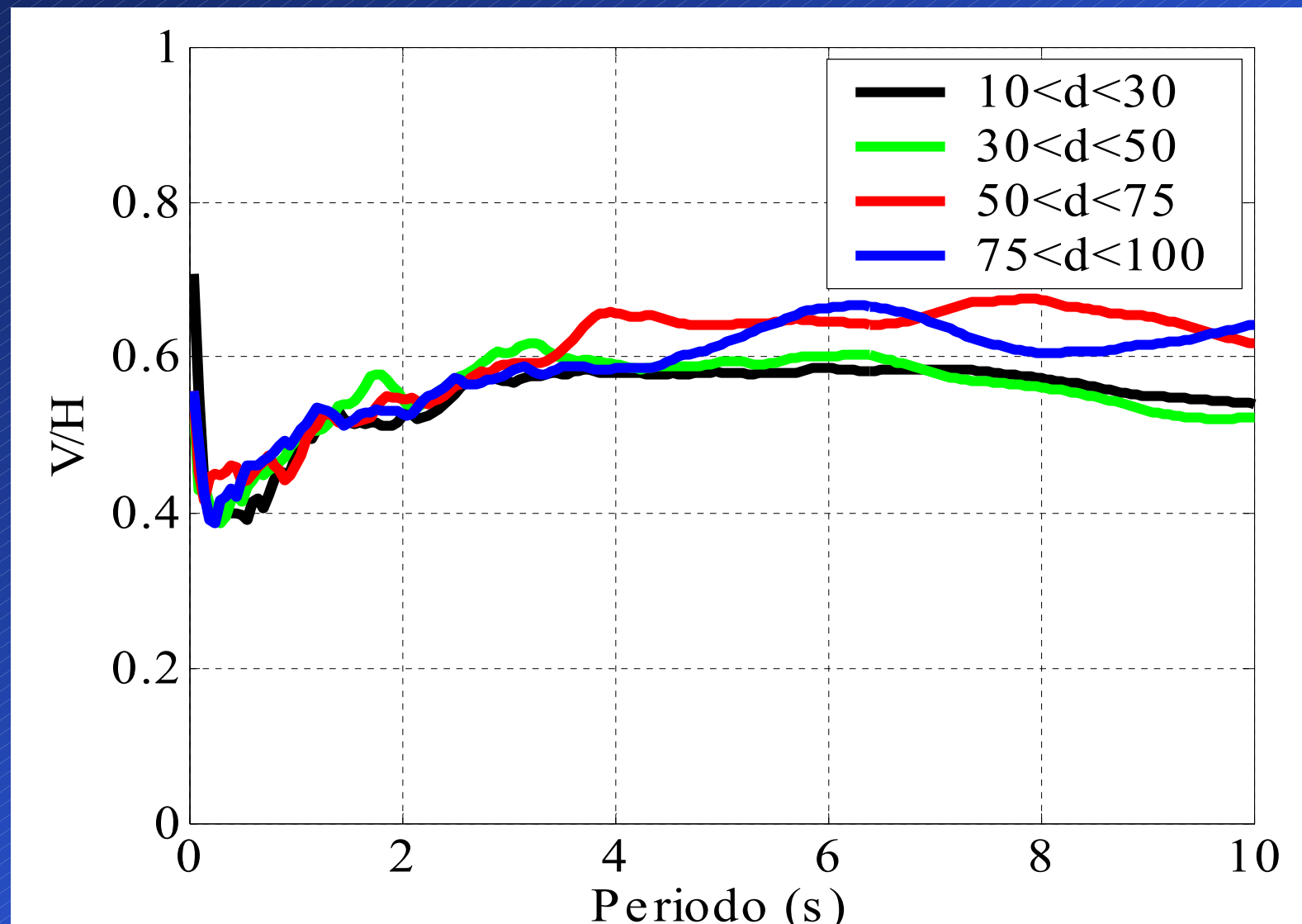
Rapporti V/H per $5.0 \leq M_w \leq 5.4$: effetto della distanza ipocentrale



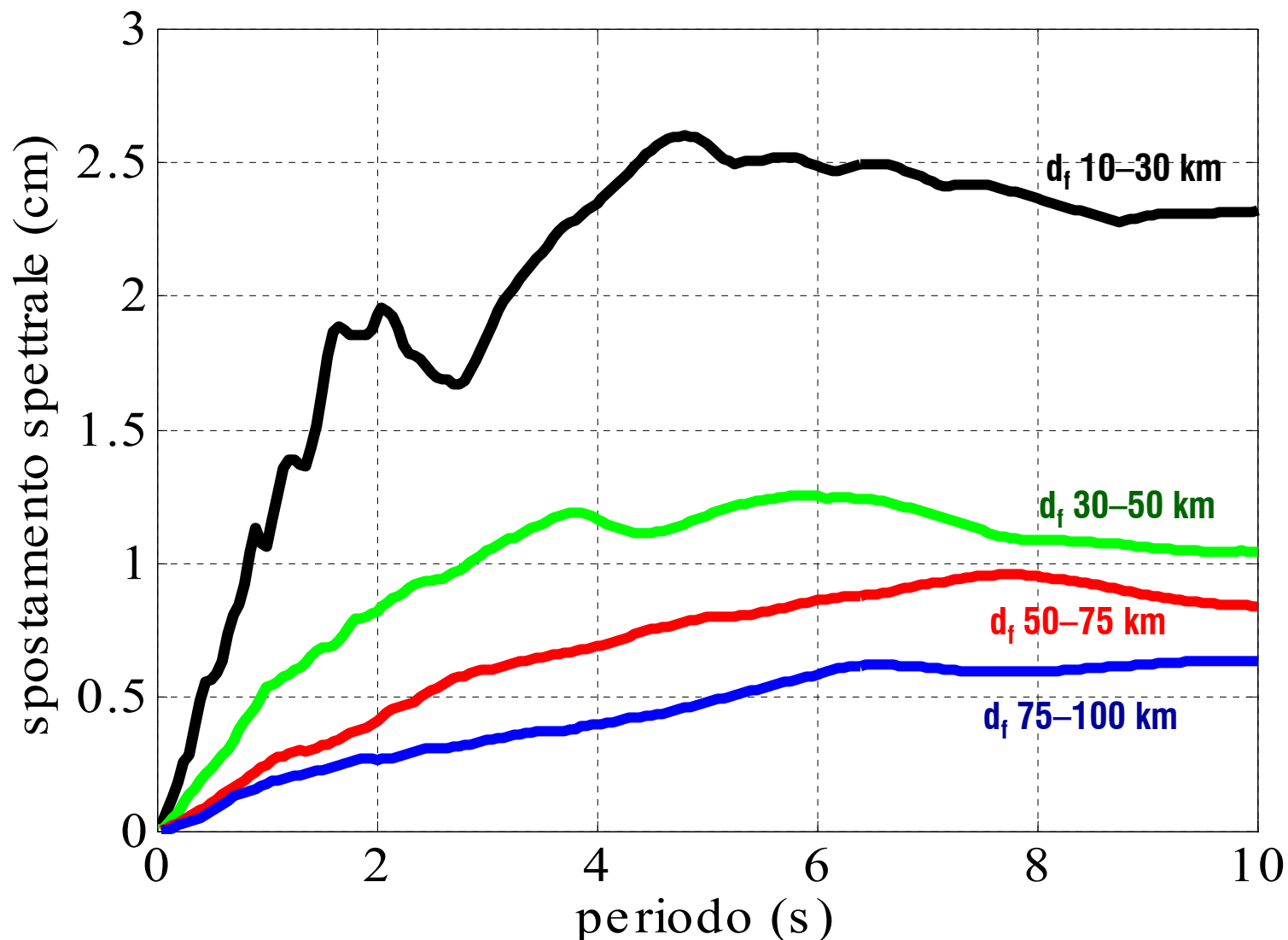
Forme spettrali per $5.5 \leq M_w \leq 5.9$: effetto della distanza ipocentrale



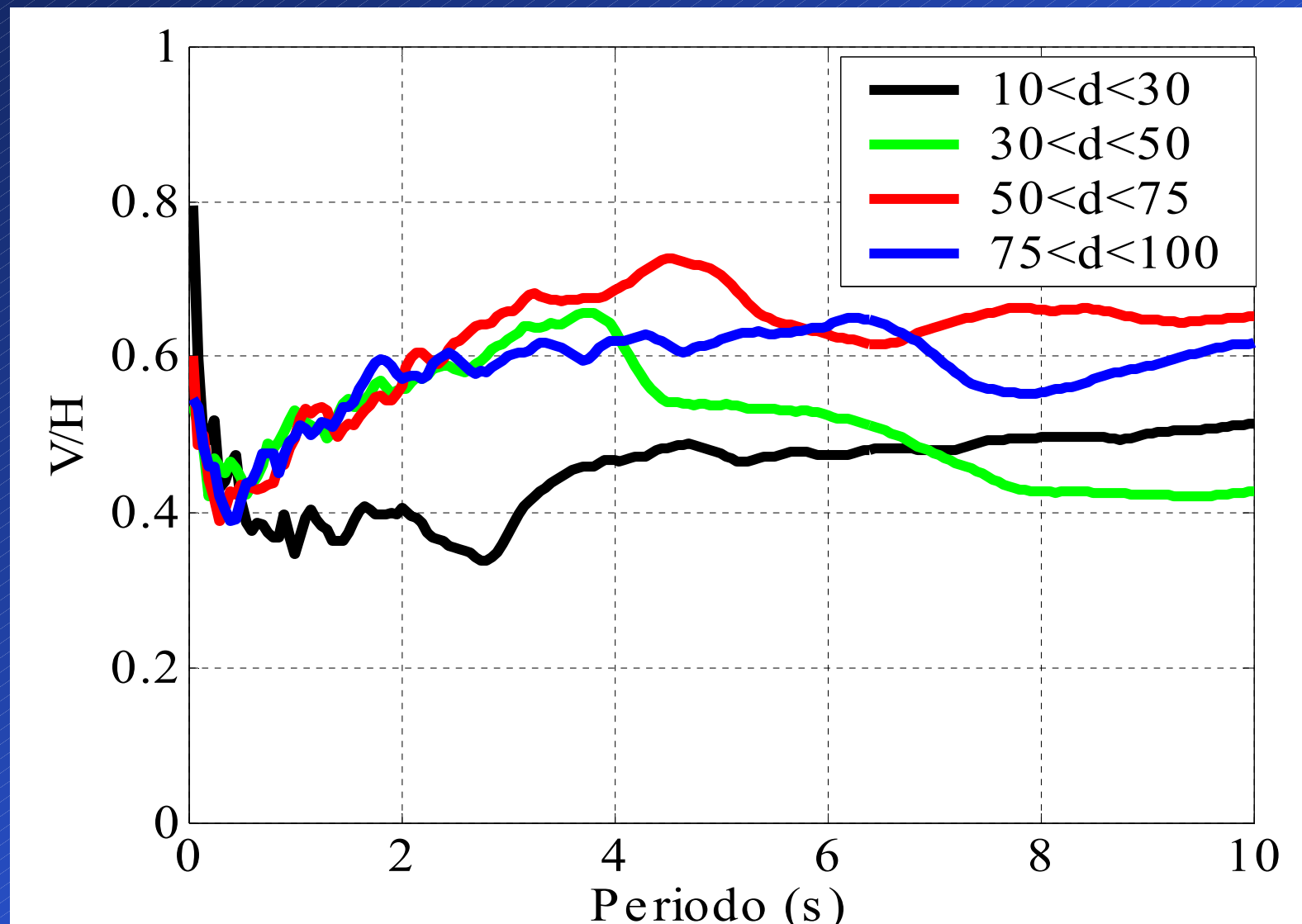
Rapporti V/H per $5.5 \leq M_w \leq 5.9$: effetto della distanza ipocentrale



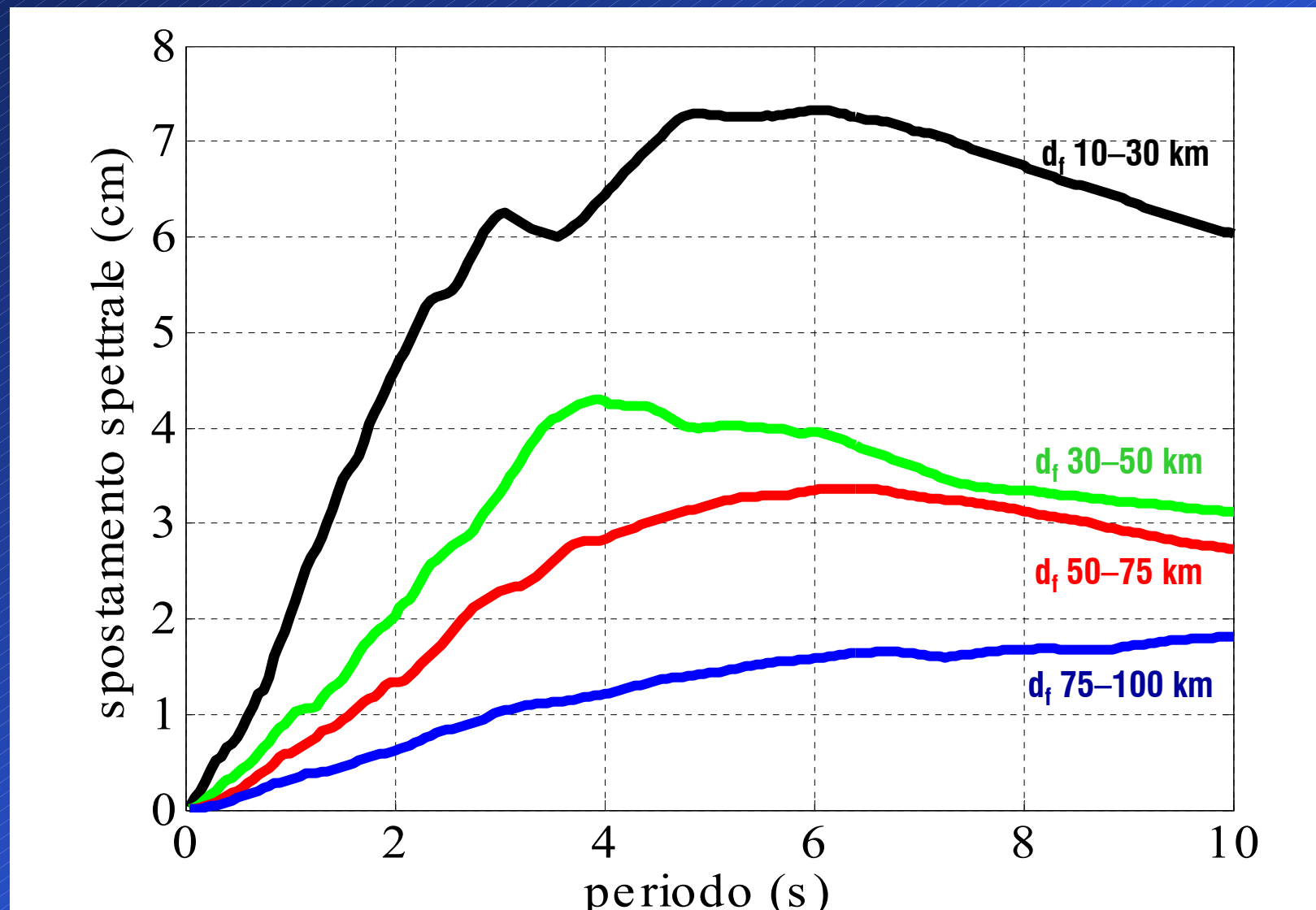
Forme spettrali per $6.0 \leq M_w \leq 6.3$: effetto della distanza ipocentrale



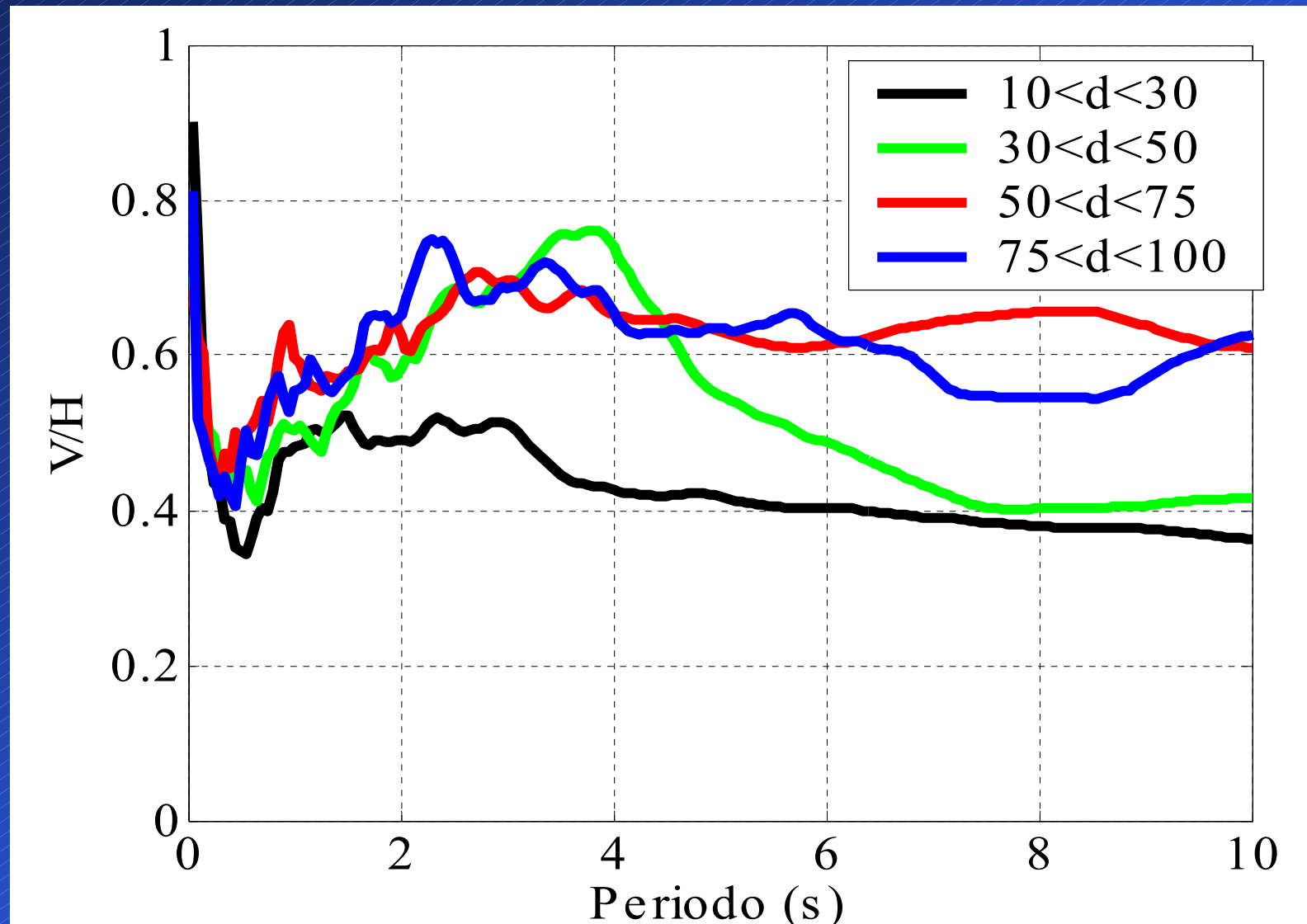
Rapporti V/H per $6.0 \leq M_w \leq 6.3$: effetto della distanza ipocentrale



Forme spettrali per $6.4 \leq M_w \leq 6.6$: effetto della distanza ipocentrale

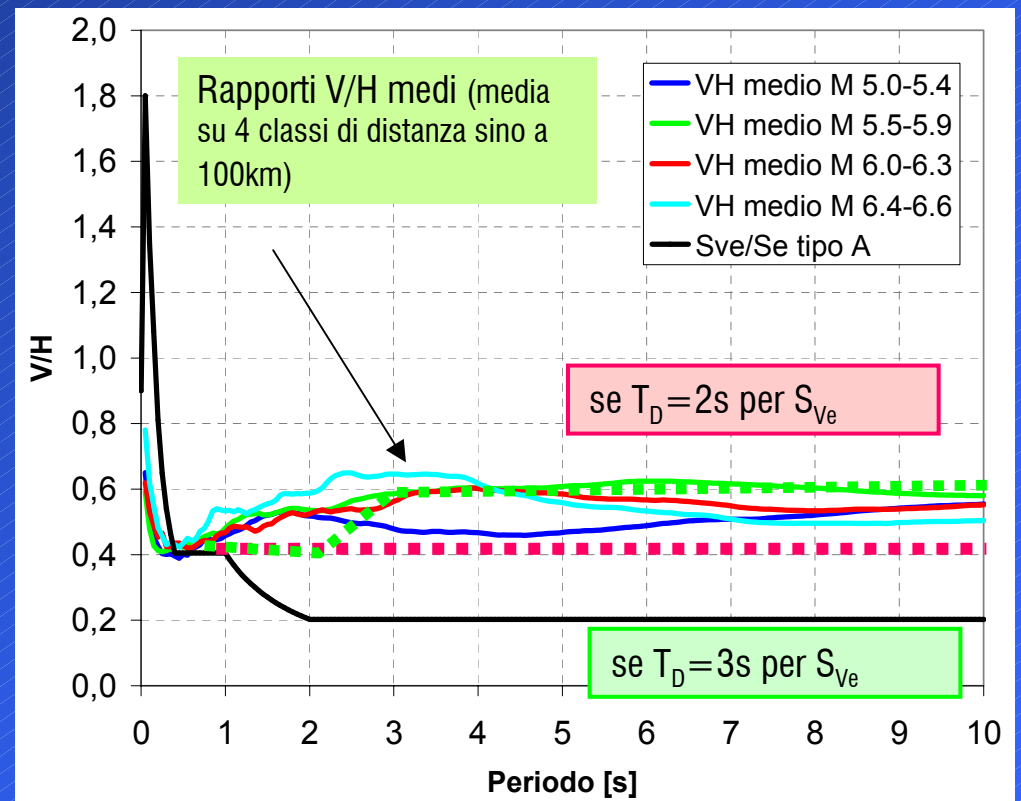
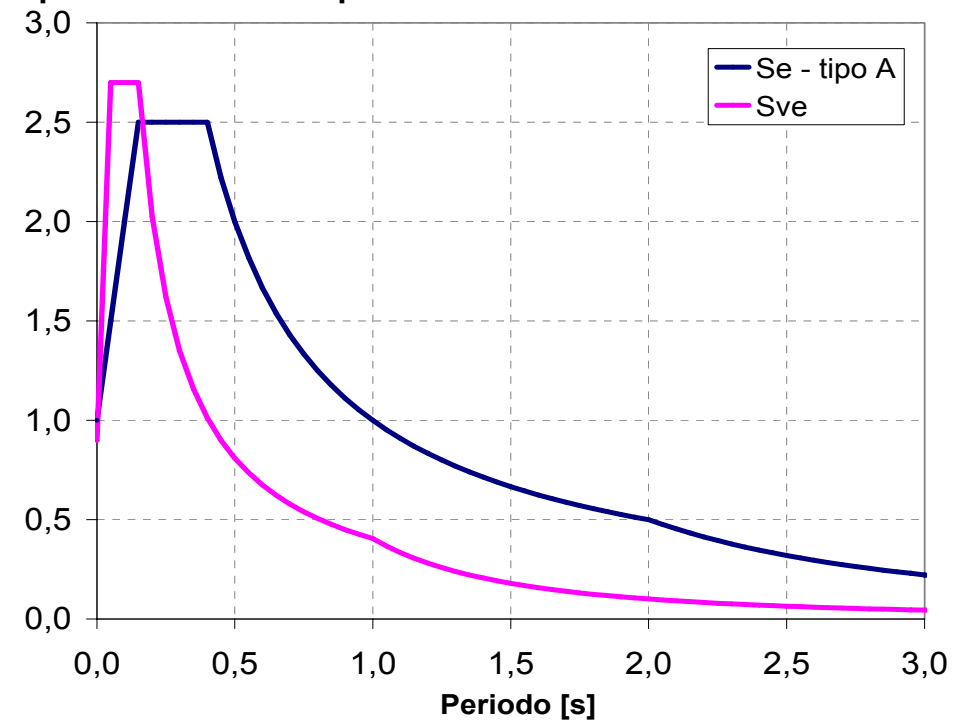


Rapporti V/H per $6.4 \leq M_w \leq 6.6$: effetto della distanza ipocentrale



Confronti fra rapporti spettrali V/H in accelerazione e in spostamento

Spettri elastici di risposta normalizzati - Normativa Italiana



Valutazione effetti di sito

- **Riclassificazione siti KNet**
- **Analisi “locale” degli effetti di sito sui lunghi periodi sulla base delle registrazioni KikNet**
- **Analisi “globale” sull’intera base di dati KNet+KikNet**

Riclassificazione delle stazioni della rete K-Net

Suddivisione in classi di sito per le 1000 stazioni di k-Net secondo l'EC8 :

- A : $V_{s,30} > 800$ m/s
- B : $360 \text{ m/s} < V_{s,30} < 800$ m/s
- C : $180 \text{ m/s} < V_{s,30} < 360$ m/s
- D : $V_{s,30} < 180$ m/s

Problema: stima di $V_{s,30}$ sulla base di valori di V_s relativi a sondaggi che raggiungono profondità comprese tra 10 e 20 m

Metodi di stima di $V_{s,30}$:

1. Estrapolazione attribuendo lo stesso valore di V_s dalla max profondità d del sondaggio fino a 30 m
2. Estrapolazione con maggiorazione di V_s del 20% ogni 10 m di profondità
-  3. **Estrapolazione con correlazione tra $V_{s,30}$ e $V_{s,d}$ stimata sulla base di 104 profili di V_s della rete Kik-Net che raggiungono profondità di 100-200 m:**

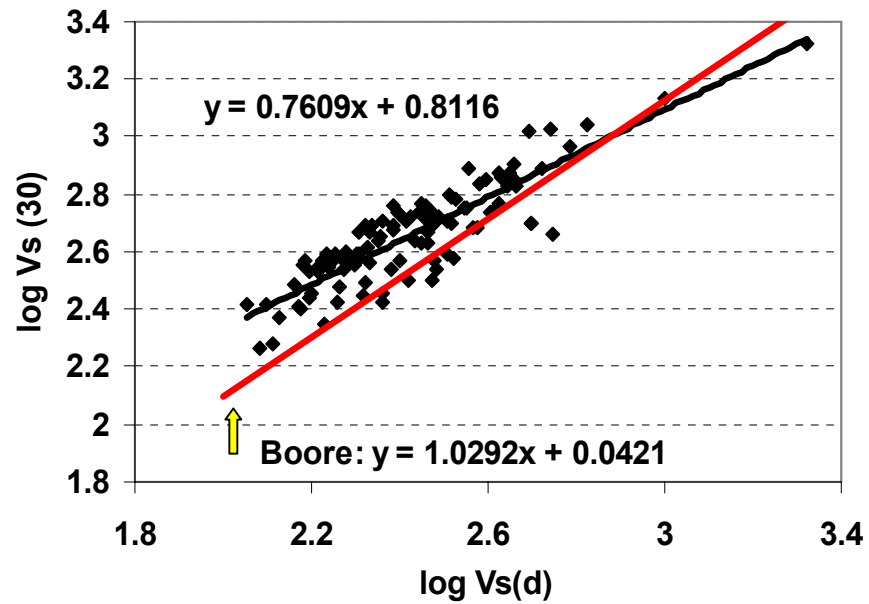
$$\log V_{s,30} = a + b \cdot \log V_{s,d}$$

con $V_{s,d} = d / \sum(h_i/V_i)$,dove d è la profondità (compresa tra 10 e 20 m)

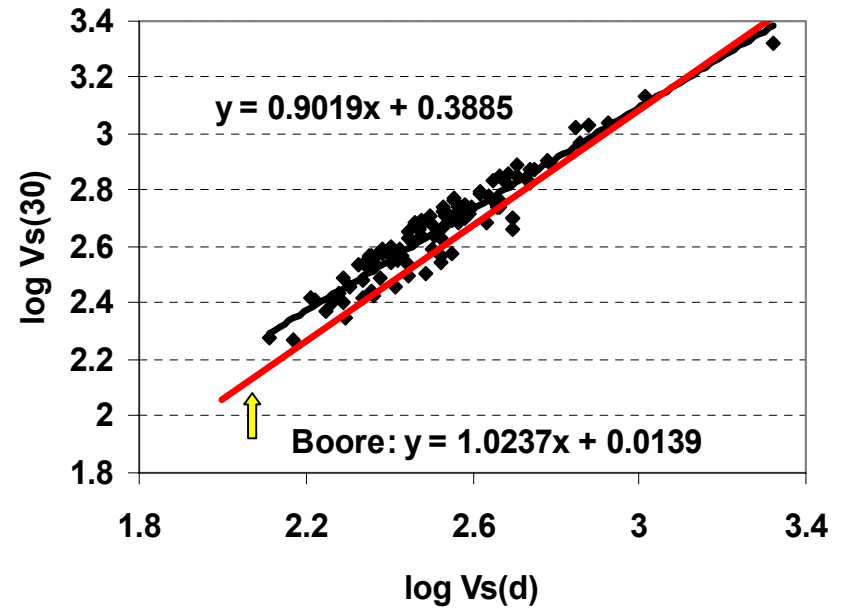
4. Estrapolazione basata su criteri probabilistici (da Boore, 2004)

Esempi di regressione tra $V_{s,d}$ e $V_{s,30}$

$d = 10 \text{ m}$



$d = 16 \text{ m}$



Criteri di classificazione e risultati

Ogni stazione di K-Net è stata classificata con le 4 modalità descritte; si è quindi deciso di assegnare la classe di sito definitiva adottando un criterio di maggioranza:

- stazioni classificate all'unanimità (4-0): **768** pari al **76.8 %**
- stazioni classificate a maggioranza (3-1): **154** pari al **15.4 %**
- stazioni incerte (2-2): **78** pari al **7.8 %**

Alle stazioni incerte è stata assegnata caso per caso la classe di sito secondo il parere “esperto”, in relazione ai valori di $V_{s,30}$ stimati con le relazioni precedenti.

Vecchia classificazione stazioni **K-Net**

Classe	n.stazioni	%
A	12	1.3
B	404	42.7
C	446	47.1
D	85	9
Tot	947	100

Nuova classificazione stazioni **K-Net**

Classe	n.stazioni	%
A	28	2.8
B	458	45.8
C	424	42.4
D	90	9
Tot	1000	100

Classificazione stazioni **Kik-Net**

Classe	n.stazioni	%
A	9	8.7
B	61	58.7
C	32	30.8
D	2	1.9
Tot	104	100

Analisi locale degli effetti di sito sui lunghi periodi

Obiettivo:

verifica puntuale degli eventuali effetti di sito sui lunghi periodi degli spettri di spostamento sia in termini di D_{10} che di dipendenza dal periodo T

Metodi:

- analisi su dati reali registrati dalla rete giapponese Kik-Net, che dispone per ogni stazione di una coppia di strumenti digitali collocati in superficie e in profondità (comprese tra 100 e 200 m) e del profilo stratigrafico e di velocità completo fino a 100-200 m
- simulazioni numeriche a completamento dei dati reali ove carenti

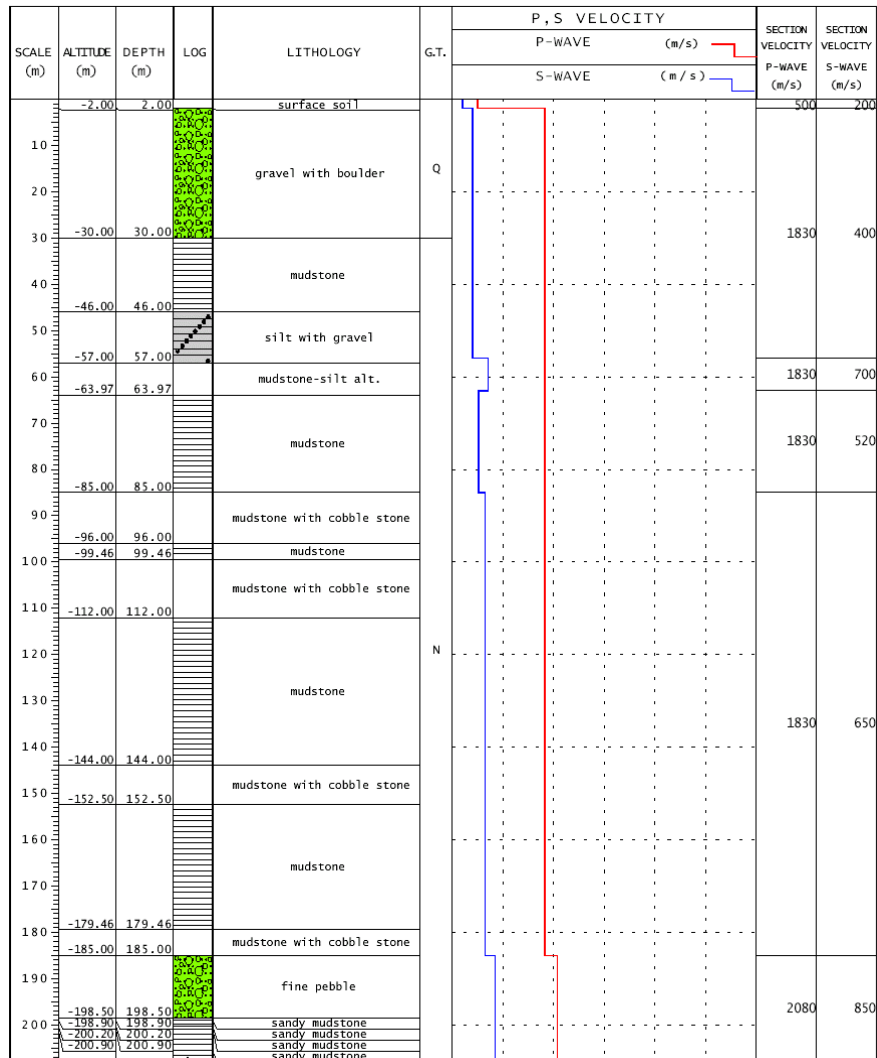
Base di dati Kik-Net: dati da 33 stazioni con profilo stratigrafico completo

	10 Km < d < 75 Km			
Mw	A	B	C	D
6,6	1	13	6	0
6,3	0	2	0	0
5,9	0	2	0	0
5,8	0	2	0	0
5,7	0	2	0	0
5,5	0	4	0	0
5,4	1	2	1	0
5,3	0	2	0	0
5,2	0	8	1	0
5,1	2	18	6	1
5	0	10	2	0

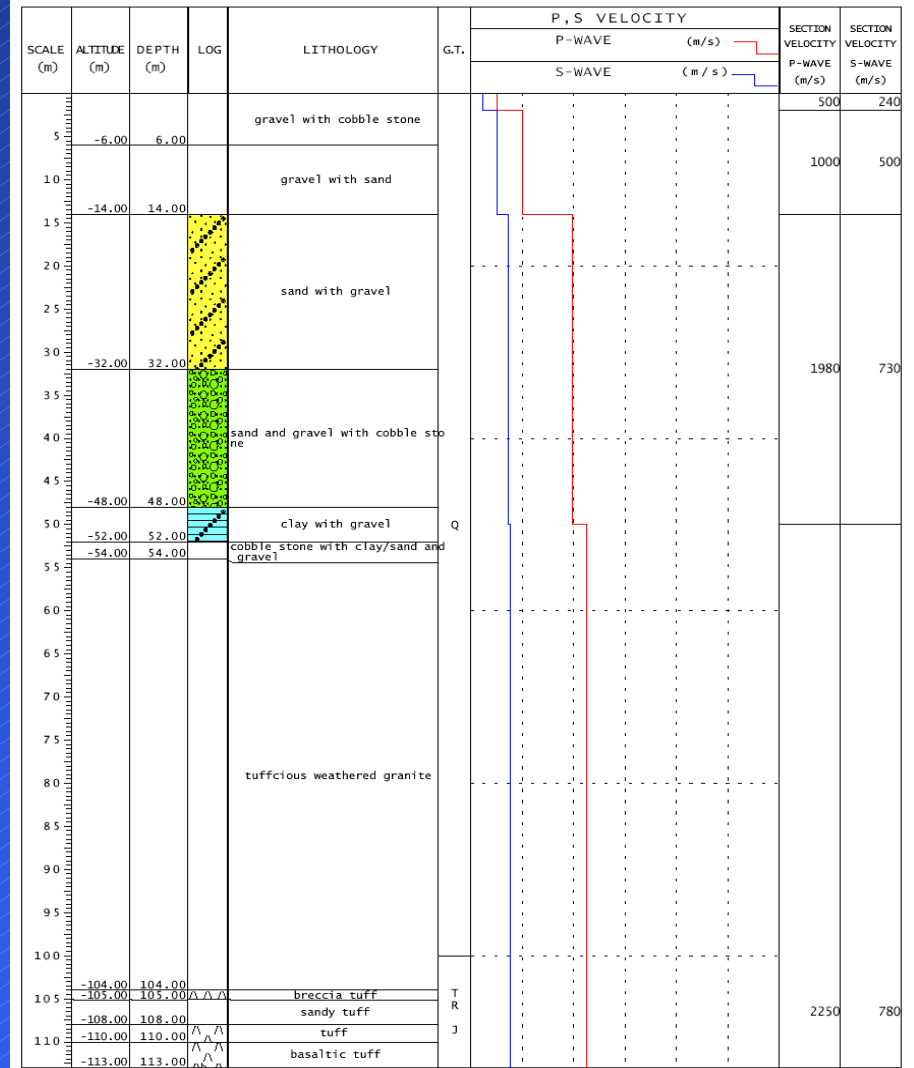
Esempio di profili disponibili

Profili stratigrafici stazioni Kik-Net NIGH11 ($V_{s30} = 375$ m/s) e NIGH12 ($V_{s30} = 553$ m/s)

Station Point: KAWANISHI
 Location : NIIGATAKEN NAKAONUMAGUN KAWANISHIMACHI OOKA SHIMOUZU 400-1
 Latitude : 37 deg 10 ' 11.0 ''
 Altitude : 0m
 Station Code: NIGH11
 Longitude : 138 deg 44 ' 50.0 ''
 Depth : 208.00m

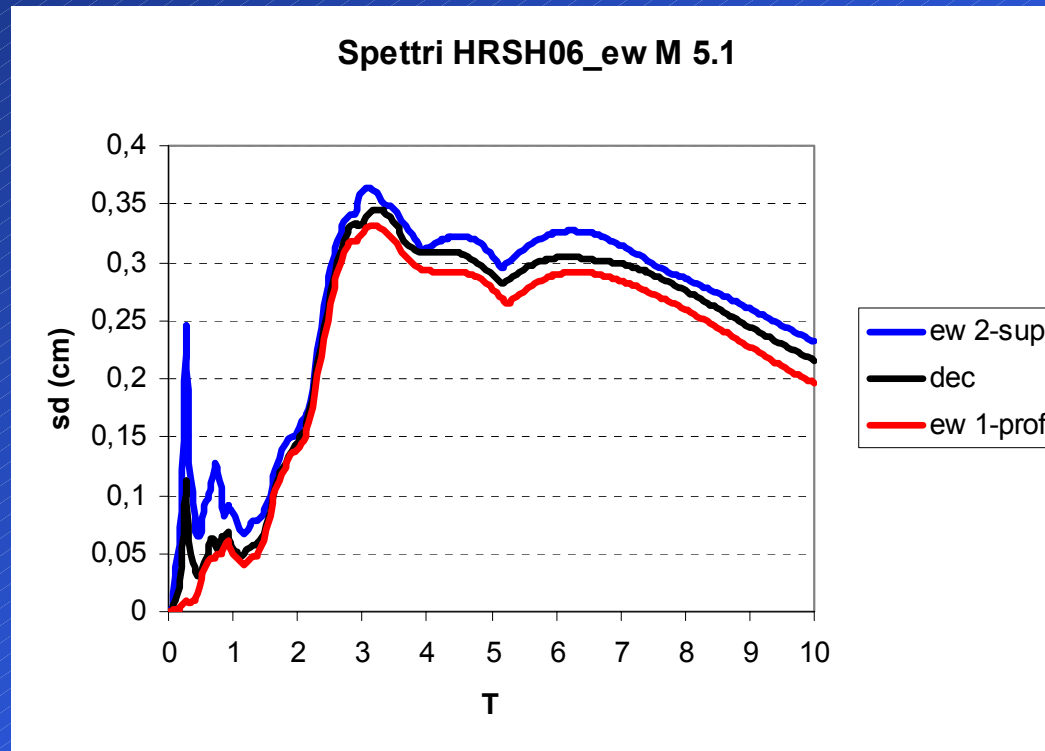
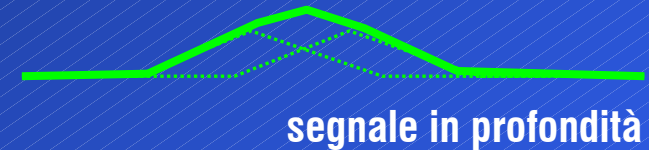


Station Point: YUNOTANI
 Location : NIIGATAKEN KITAUONUMAGUN YUNOTANIMURA YOSHIDA 1142
 Latitude : 37 deg 13 ' 15.0 ''
 Altitude : 0m
 Station Code: NIGH12
 Longitude : 138 deg 59 ' 7.0 ''
 Depth : 113.00m



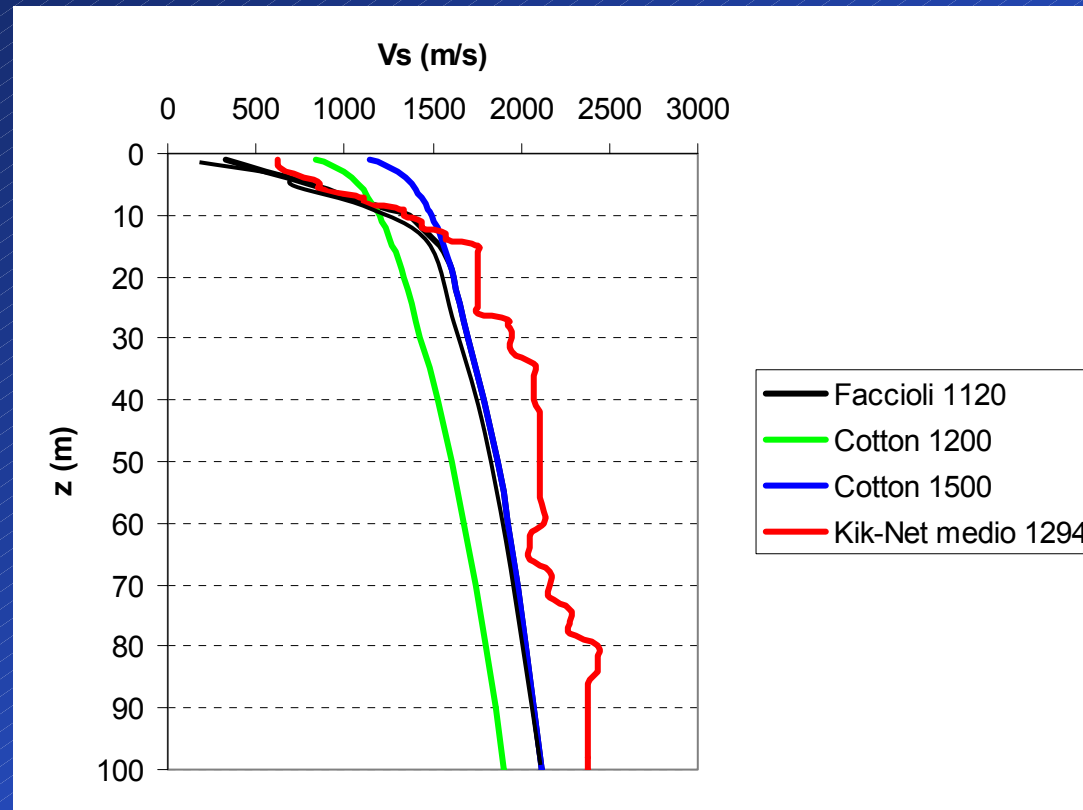
Necessità deconvoluzione

Per verificare l'effetto di amplificazione dovuto alla stratigrafia non è possibile sfruttare direttamente i segnali registrati in profondità in quanto contengono il segnale riflesso dalla superficie libera, il cui picco di spostamento risulta ridotto rispetto a quello del segnale incidente $\Rightarrow$ deconvoluzione a partire dal segnale in superficie



Dipendenza dal sito di riferimento su roccia

Profili di velocità su roccia



Profilo “Faccioli”: media di 5 profili crosshole su roccia rilevati in territorio italiano, si raccorda a 17 m di profondità con il profilo Cotton 1500

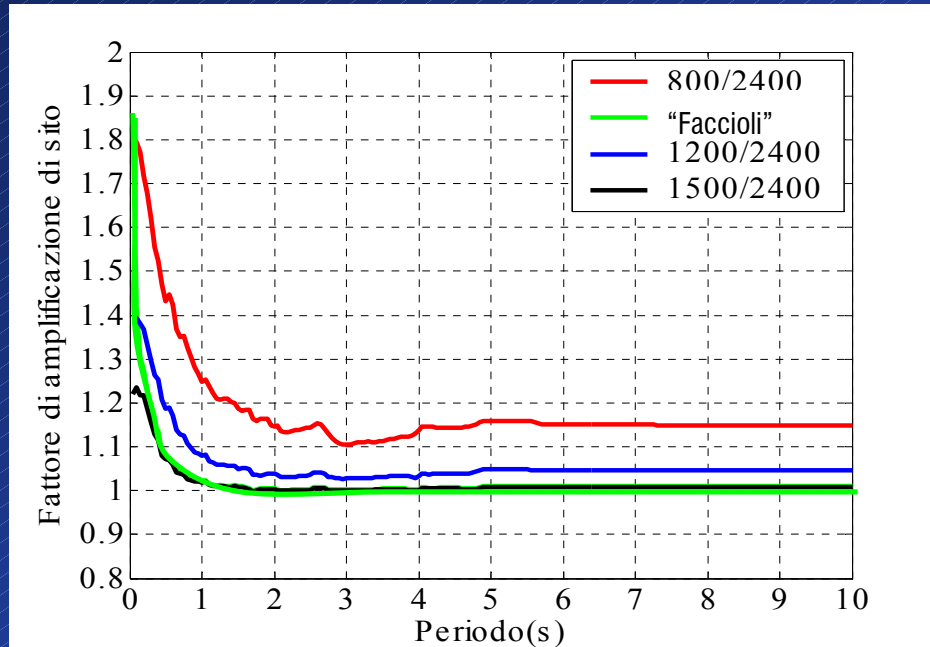
Profili “Cotton”: da relazioni analitiche che si rifanno al profilo su roccia tipo ‘Boore’ (1997)

Profilo Kik-Net: media di 9 profili su roccia dalla rete giapponese Kik-Net

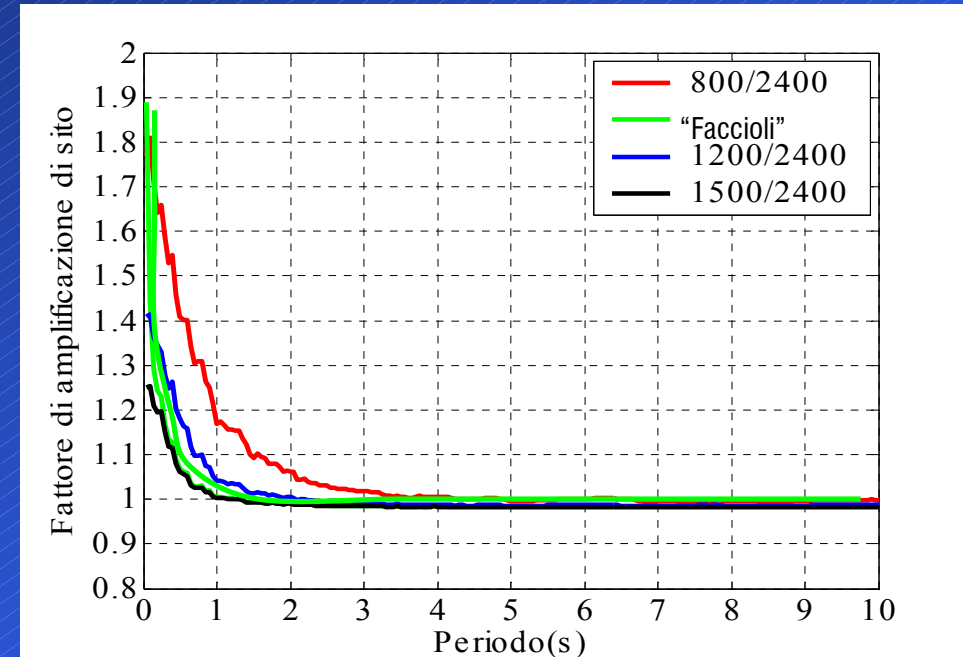
Dipendenza dal sito di riferimento su roccia

Risultati simulazioni numeriche 1D

Mw 5.2 d = 20 Km



Mw 6.6 d = 20 Km



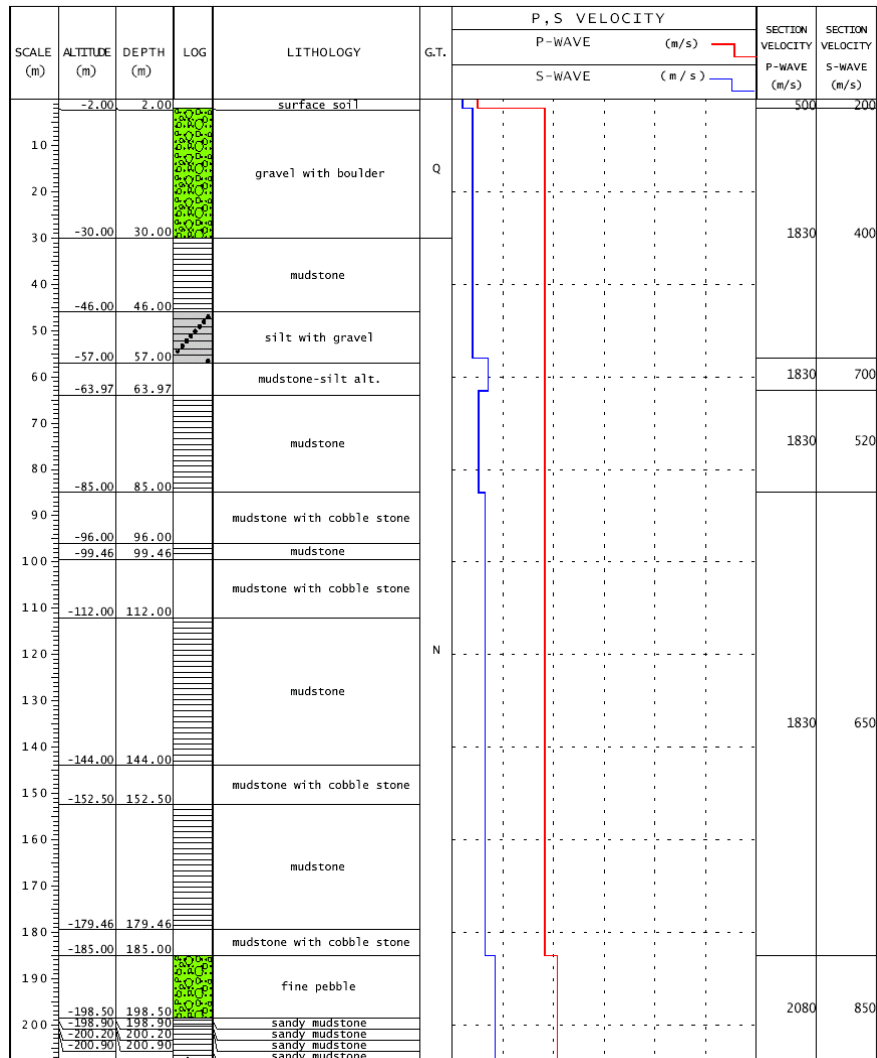
A parte il caso di forti contrasti di impedenza e magnitudo basse (poco interessanti dal punto di vista della pericolosità) si può dedurre che il profilo stratigrafico su "roccia" non ha influenza sui periodi superiori a 2 s.

Questi risultati sono confermati anche sulla base delle analisi compiute sulle registrazioni KikNet.

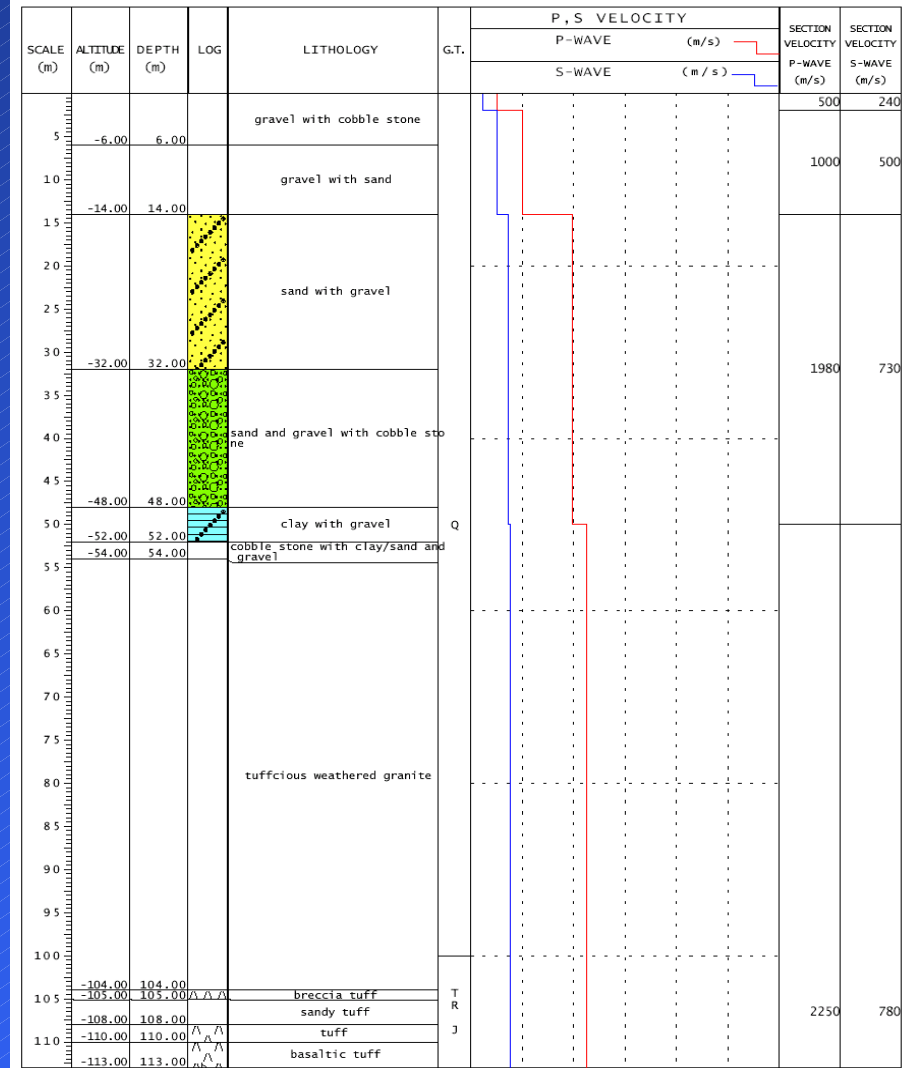
Dipendenza dalla magnitudo

Profili stratigrafici stazioni Kik-Net NIGH11 (Vs30 = 375 m/s) e NIGH12 (Vs30 = 553 m/s)

Station Point: KAWANISHI
 Location : NIIGATAKEN NAKAONUMAGUN KAWANISHIMACHI OOKA SHIMIZOU 400-1
 Latitude : 37 deg 10 ' 11.0 ''
 Altitude : 0m
 Station Code: NIGH11
 Longitude : 138 deg 44 ' 50.0 ''
 Depth : 208.00m

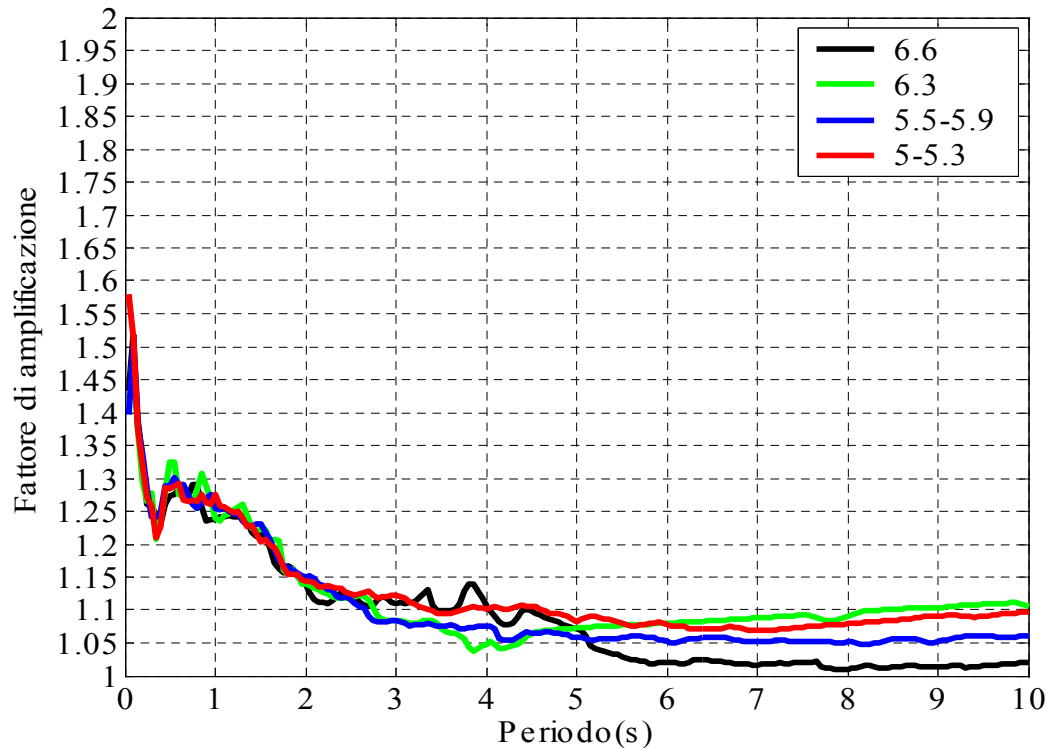


Station Point: YUNOTANI
 Location : NIIGATAKEN KITAUONUMAGUN YUNOTANIMURA YOSHIDA 1142
 Latitude : 37 deg 13 ' 15.0 ''
 Altitude : 0m
 Station Code: NIGH12
 Longitude : 138 deg 59 ' 7.0 ''
 Depth : 113.00m



Dipendenza dalla magnitudo

Risultati deconvoluzione stazioni Kik-Net NIGH11 e NIGH12

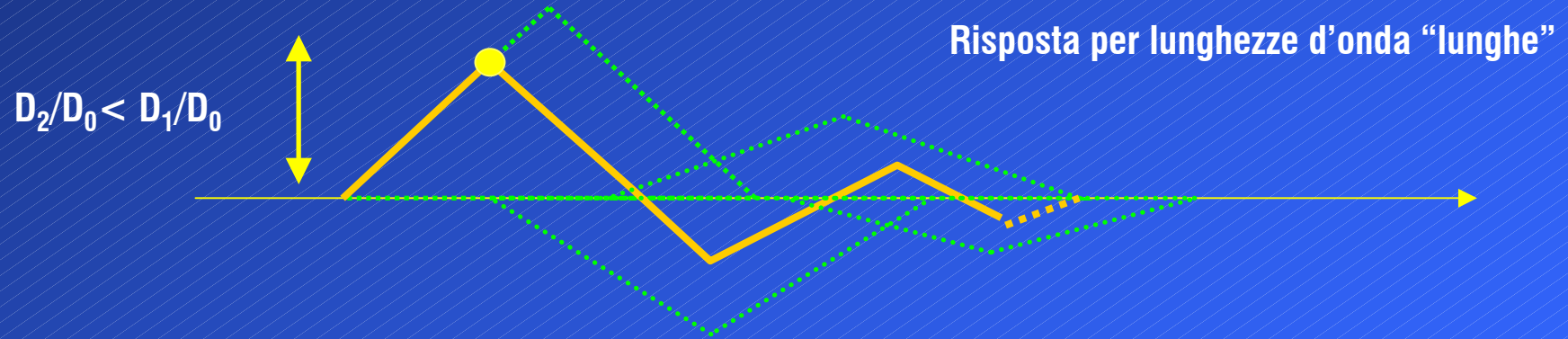
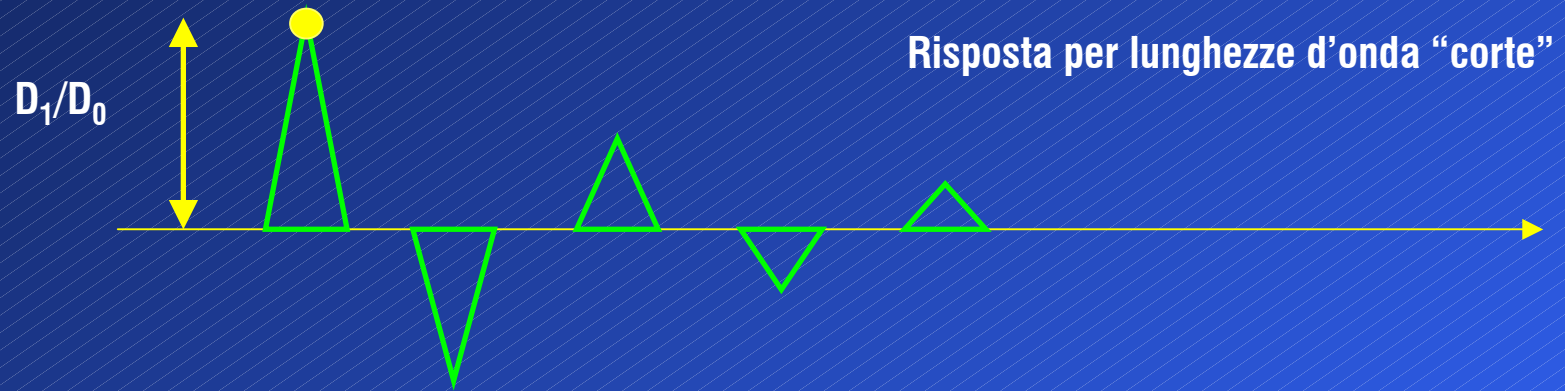


Mw	Eventi	n. registrazioni
5.0	2	4
5.1	2	4
5.3	1	2
5.5	2	4
5.7	1	2
5.8	1	2
5.9	1	2
6.3	1	2
6.6	1	2

Il fattore di amplificazione è inteso come rapporto tra media degli spettri registrati in superficie (classe B con $V_{s30media} = 464$ m/s), e media degli spettri deconvoluti in profondità (classe A, $V_{smedia} = 815$ m/s).

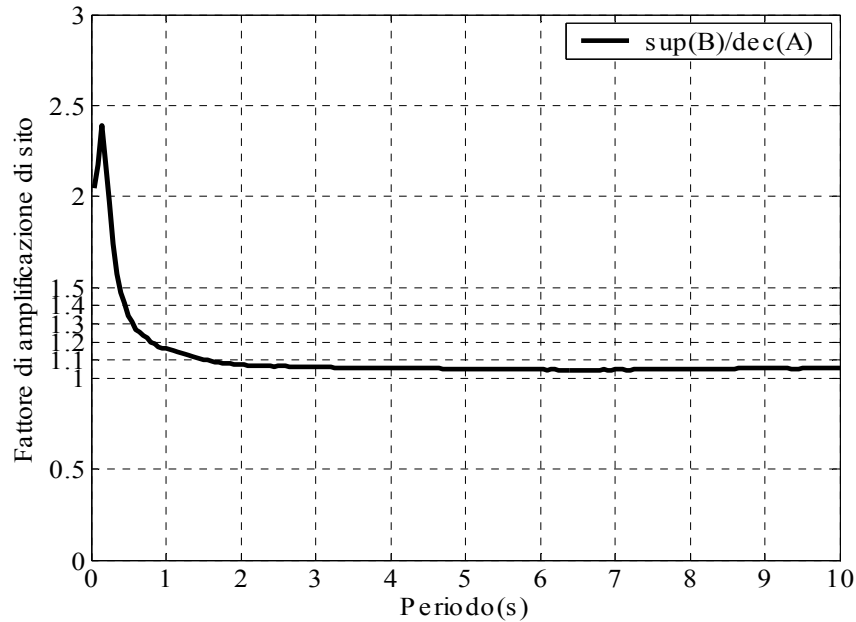
Sui lunghi periodi si nota che il fattore di amplificazione tende a crescere al diminuire della magnitudo (fatta eccezione per Mw 6.3, di cui però si ha solo un evento). $\Rightarrow$ **Effetto legato alle lunghezze d'onda**

Dipendenza dalla magnitudo

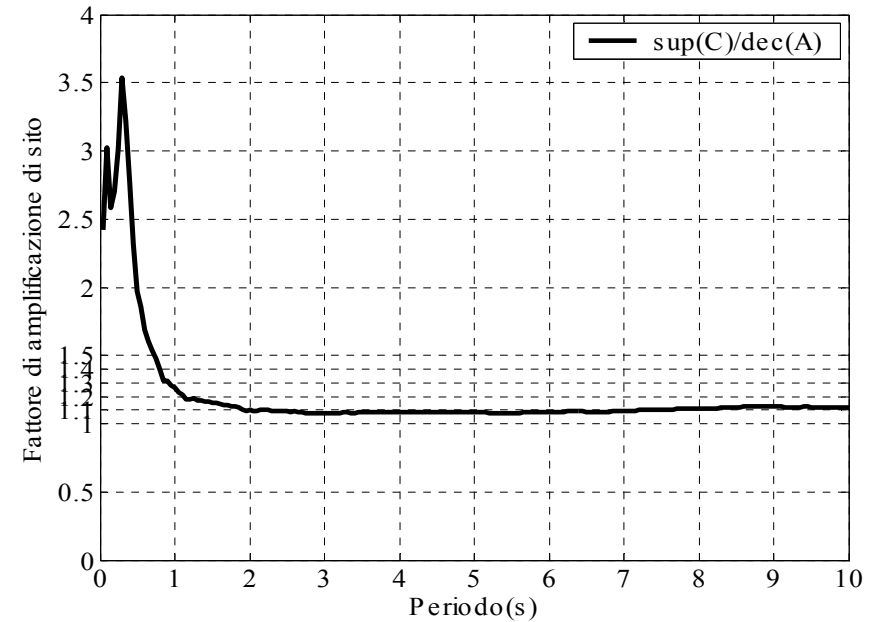


Dipendenza dal periodo

Medie risultati deconvoluzione per $5 < M_w < 5.4$ e $10 \text{ Km} < d < 75 \text{ Km}$



rapporto spettrale B/A medio su 40×2 registrazioni



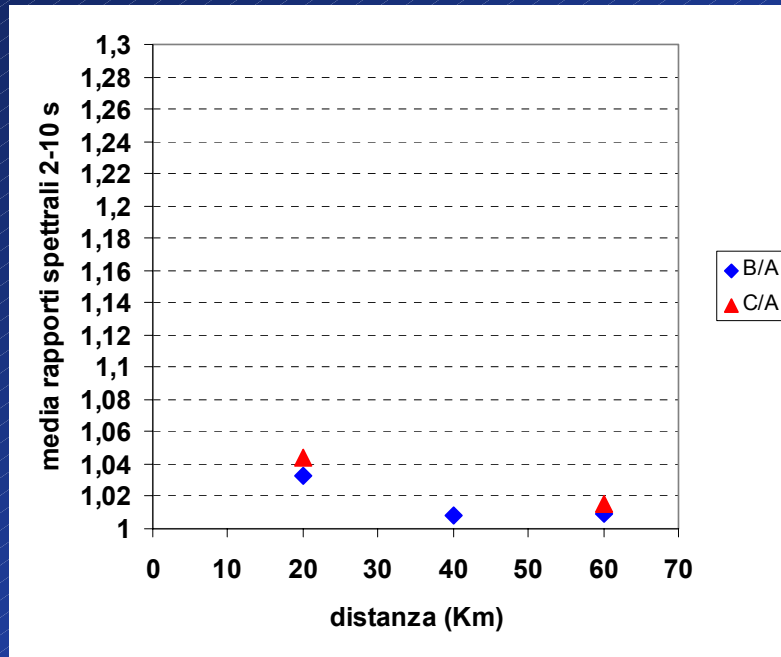
rapporto spettrale C/A medio su 12×2 registrazioni

Si osserva la sostanziale indipendenza dal periodo del fattore di amplificazione di sito per $T > 2 \text{ s}$

Dipendenza dalla categoria di sito e dalla distanza

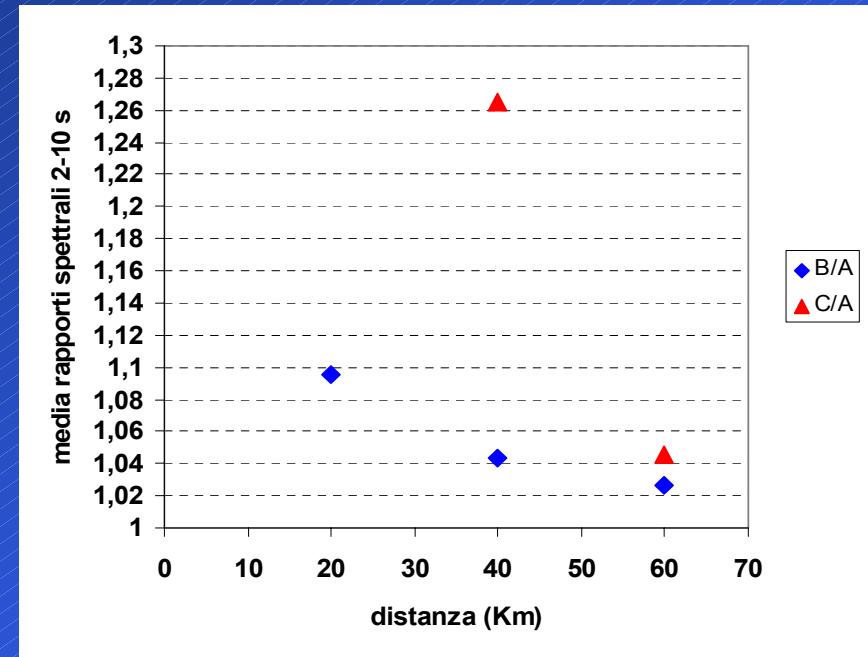
Medie tra $2\text{ s} < T < 10\text{ s}$ dei fattori di amplificazione di sito medi

Mw 6.6



B/A 10-30 : 4*2 registrazioni
30-50 : 3*2 registrazioni
50-75 : 6*2 registrazioni
C/A 10-30 : 1*2 registrazioni
30-50 : 0 registrazioni
50-75 : 5*2 registrazioni

Mw 5-5.4

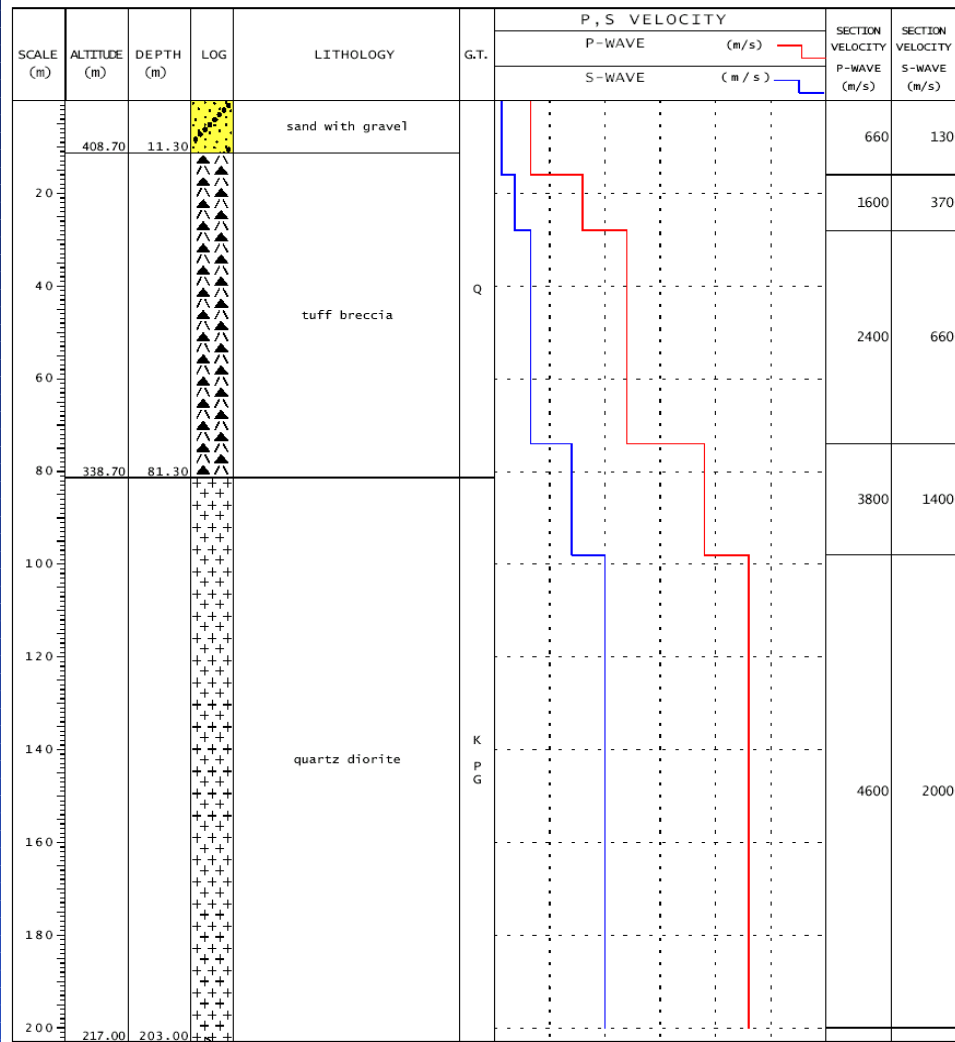


B/A 10-30 : 13*2 registrazioni
30-50 : 12*2 registrazioni
50-75 : 15*2 registrazioni
C/A 10-30 : 0 registrazioni
30-50 : 3*2 registrazioni
50-75 : 9*2 registrazioni

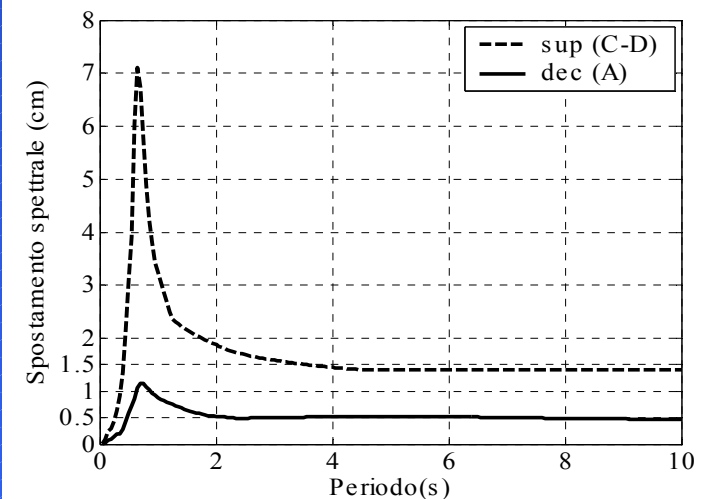
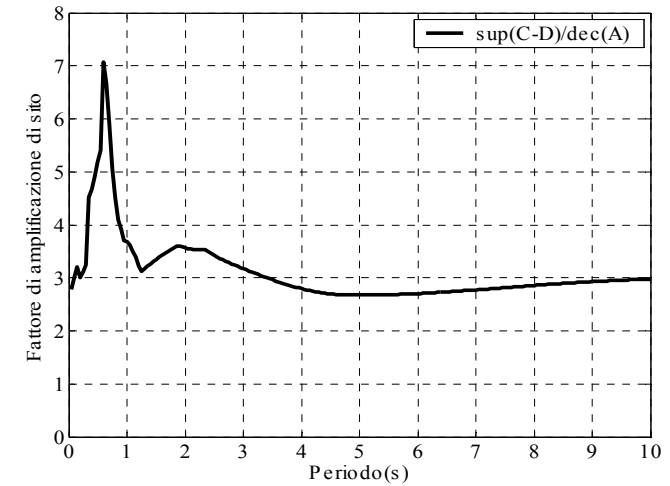
Categorie di sito “scadenti”

Caso stazione Kik-Net TTRH03 ($V_{s30} = 189$ m/s (classe CD), $V_{s(200\text{ m})} = 2000$ m/s)

Station Point: MIZOKUCHI
Location : TOTTORIKEN HINGUN MIZOKUCHICHO OUCHI 347
Latitude : 35 deg 21 ' 8.00 ''
Altitude : +420m
Station Code: TTRH03
Longitude : 133 deg 29 ' 39.0 ''
Depth : 203.00m



Mw 5.1 d = 25 Km



Completamento con analisi numeriche 1D

Selezione dalla KikNet di profili rappresentativi di classe C e CD ($V_{s,30} \sim 180$ m/s)

Accelerogrammi di ingresso ottenuti da deconvoluzione di dati KikNet per condizioni analoghe di magnitudo e distanza

Analisi per le seguenti condizioni (non coperte dai dati osservati):

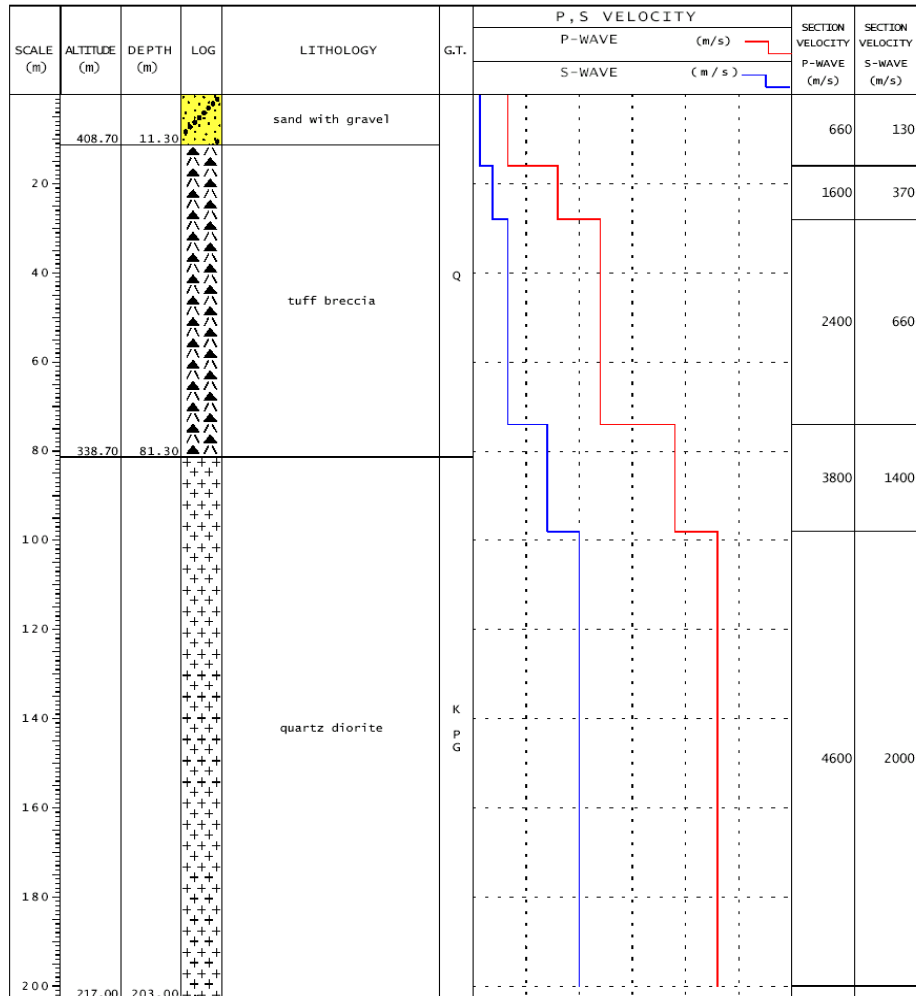
	10-30 km	30-50 km	50-75 km
M 6.6	C - CD	C - CD	CD
M 5 – 5.4	C - CD	C - CD	CD

Analisi numeriche 1D

Classe CD: profili considerati nelle analisi

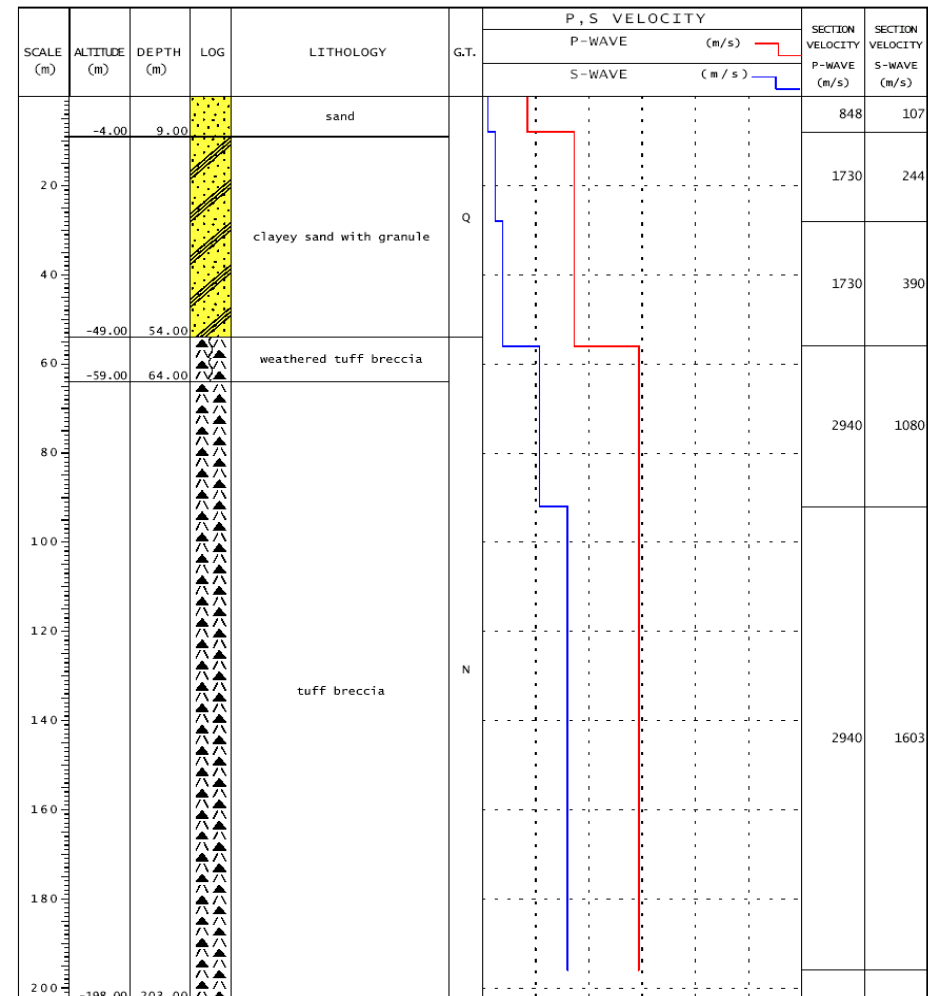
Stazione TTRH03 Vs30 = 189 m/s

Station Point: MIZOKUCHI
Location : TOTTORIKEN HINOGUN MIZOKUCHI-CHO OUCHI 347
Latitude : 35 deg 21 ' 8.00 "
Altitude : +420m
Station Code: TTRH03
Longitude : 133 deg 29 ' 39.0 "
Depth : 203.00m



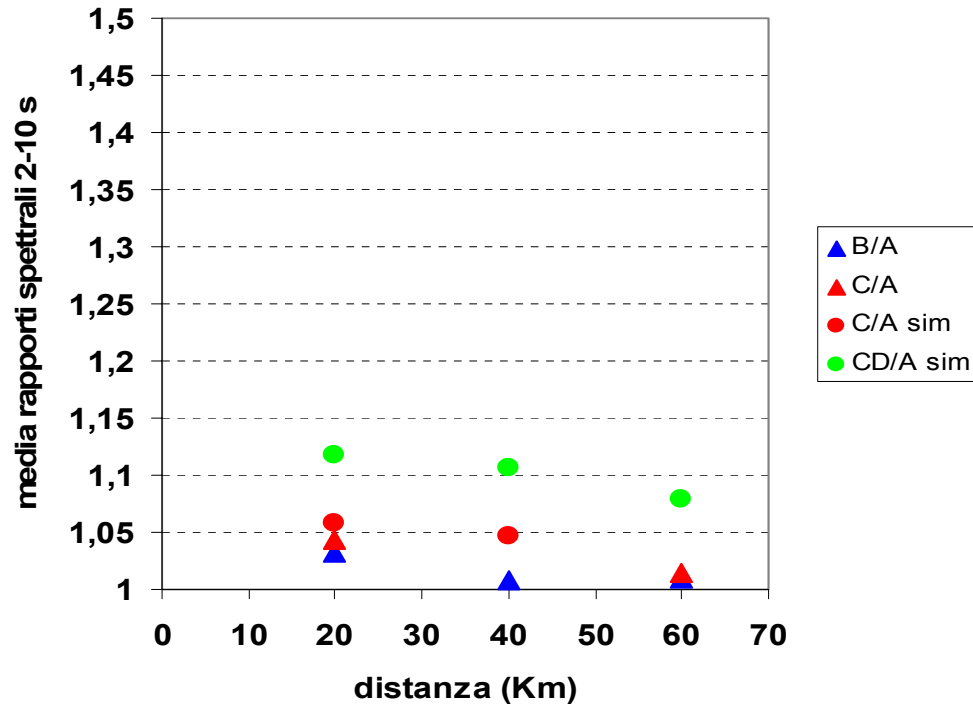
Stazione KGWH02 Vs30 = 185 m/s

Station Point: MINO
Location : KAGAWAKEN MITOYOGUN MINOCHO SHIMOTAKASE 2350-1
Latitude : 34 deg 11 ' 39.0 "
Altitude : +5m
Station Code: KGWH02
Longitude : 133 deg 42 ' 38.0 "
Depth : 203.00m

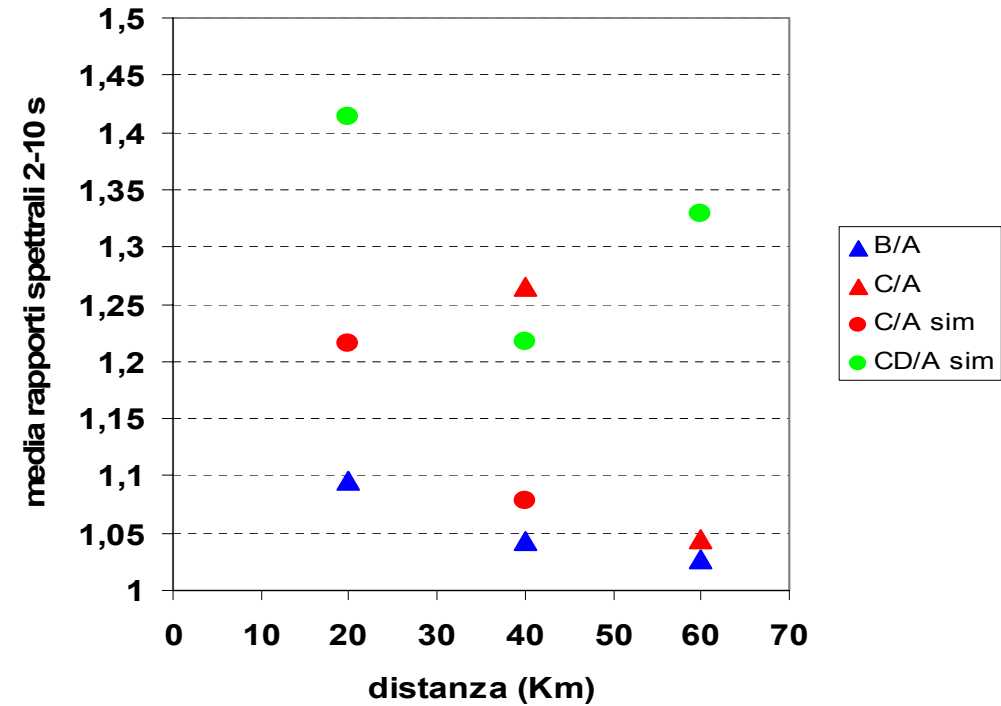


Sintesi risultati analisi sui profili stratigrafici KikNet

Mw 6.6



Mw 5-5.4



Analisi “globale” sui dati KNet

Distanze considerate fino a 50 km (fino a 75 km per magnitudo più elevate)

Suddivisione in classi di magnitudo (5.5-5.9, 6.0-6.3, 6.6)

Buona numerosità sulle classi C e B, poco o molto poco su A e D

Analisi “globale” sui dati KNet

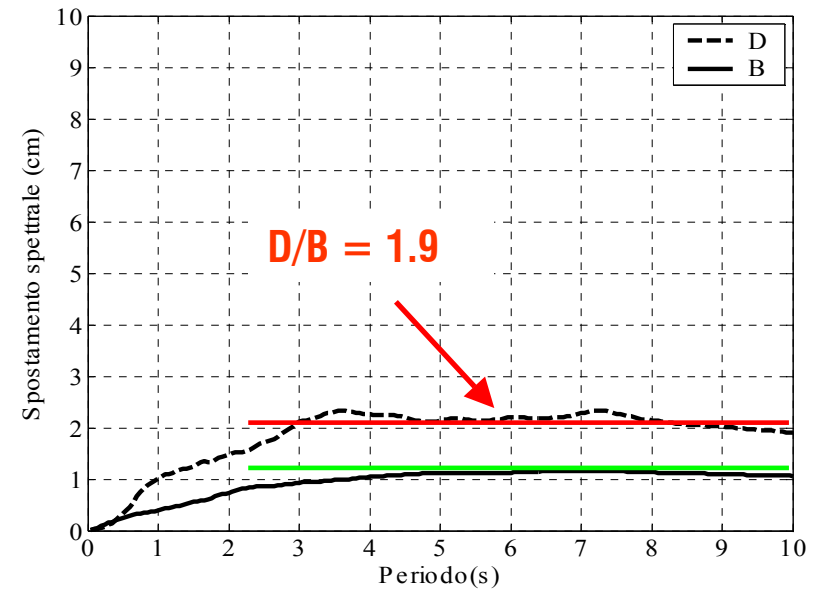
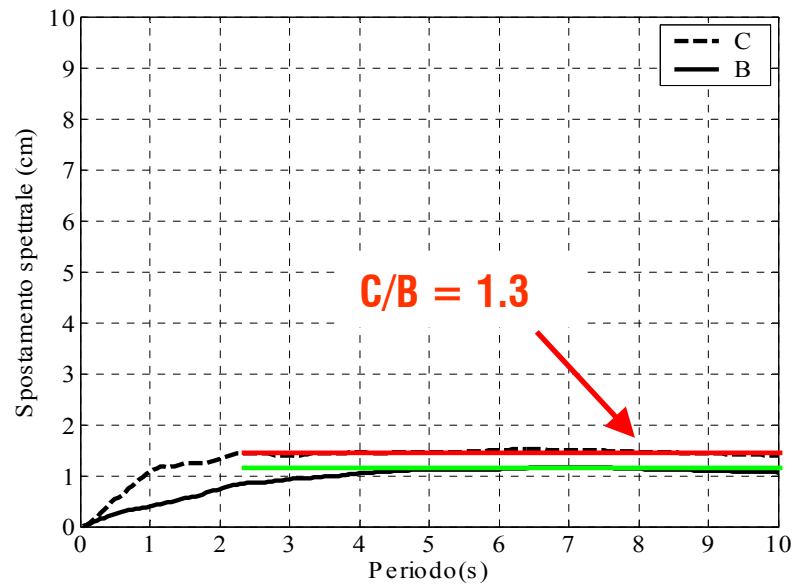
M_w 5.0-5.4 ($10 \text{ Km} < d < 50 \text{ Km}$)

In corso di elaborazione

Analisi “globale” sui dati KNet

M_w 5.5-5.9 (10 Km < d < 50 Km)

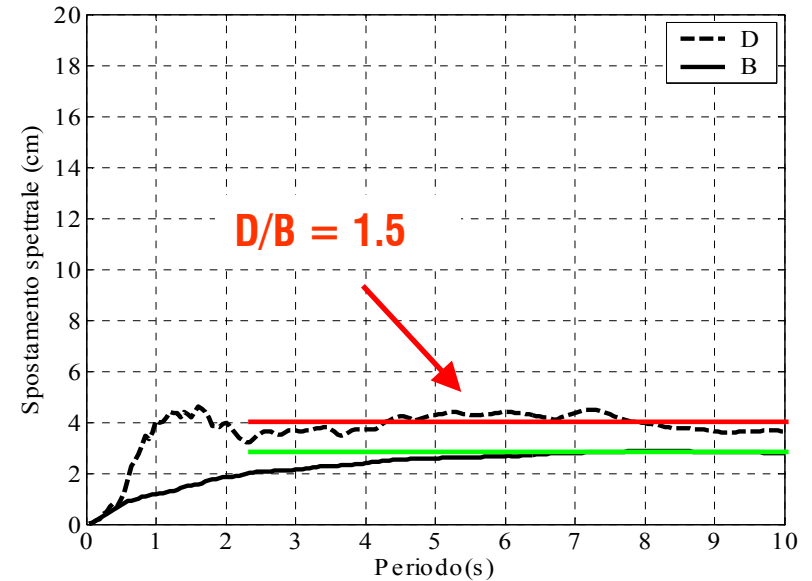
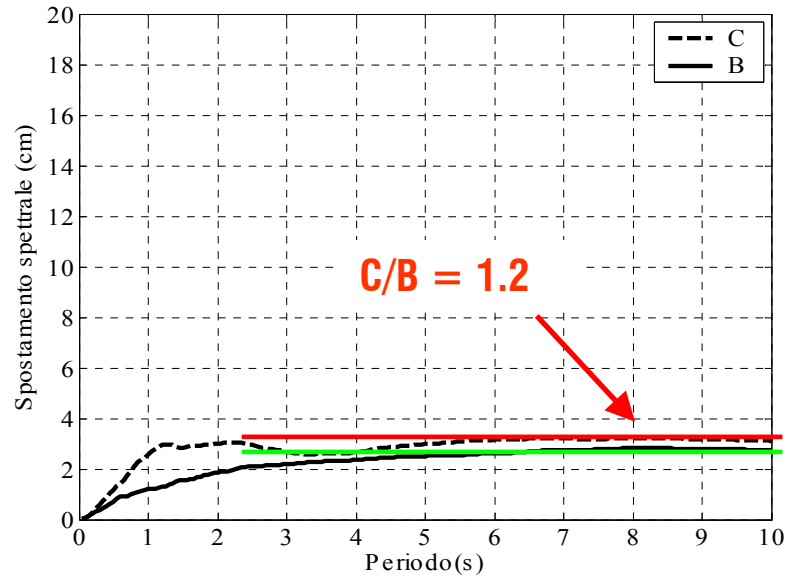
Registrazioni: B: 38; C: 43; D: 16



Analisi “globale” sui dati KNet

M_w 6.0-6.3 (10 Km < d < 50 Km)

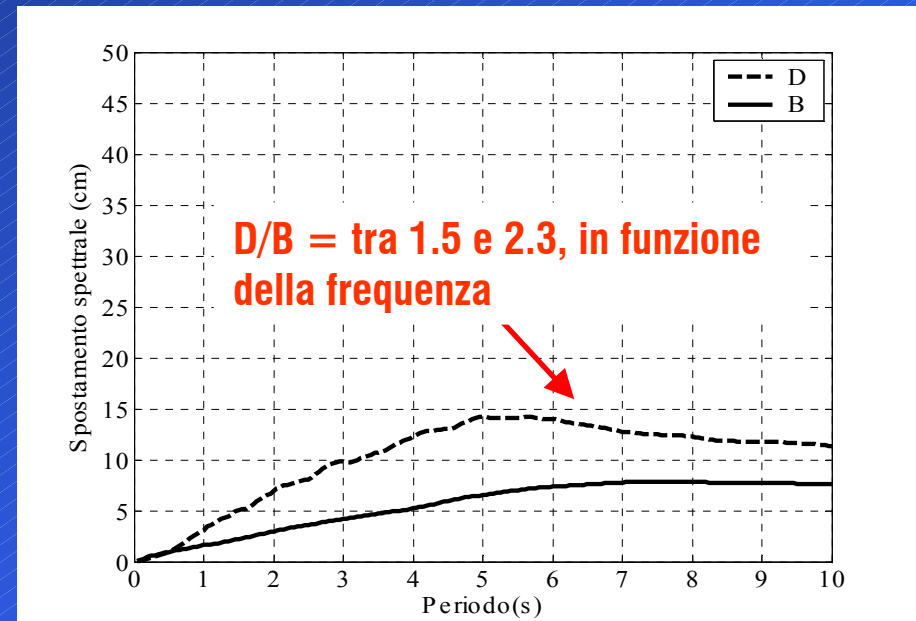
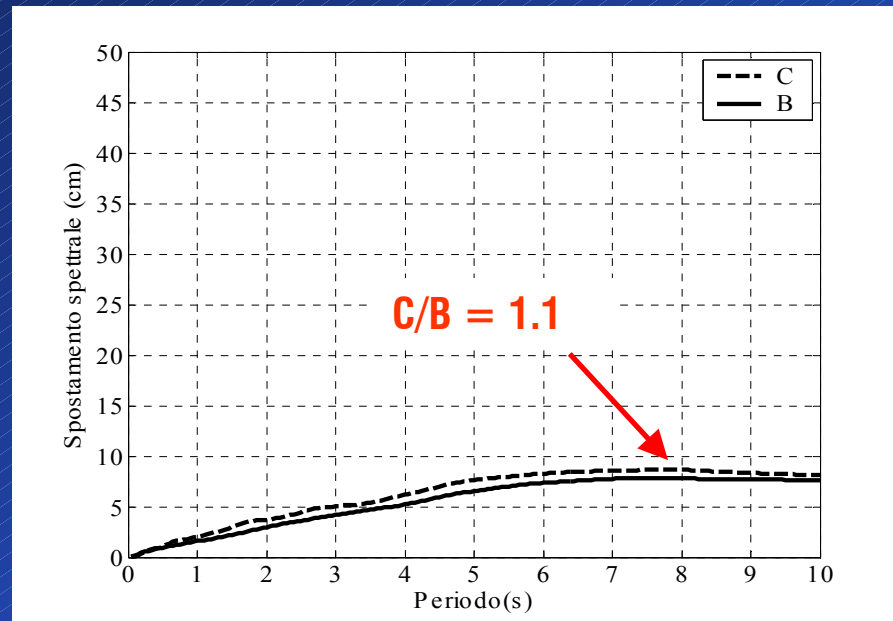
Registrazioni: B: 20; C: 23; D: 2



Analisi “globale” sui dati KNet

M_w 6.6 (10 Km < d < 75 Km)

Registrazioni: B: 33; C: 26; D: 9



Alcune indicazioni :

Effetti più significativi per basse magnitudo e distanze

Non ci sono motivi di differenziare profili rocciosi di classe A

Gli effetti per suolo di classe B sono modesti (inferiori a 5% per M6.6, inferiori a 10% per M5-5.4) e di fatto assimilabili a quelli di classe A

Gli effetti per classe C sono significativi, apparentemente soprattutto per distanze brevi e magnitudo basse (indicazione confermata confermato sia da KNet che da KikNet), con fattori di amplificazione variabili tra 1.05 e 1.3

Pur non essendoci dati a sufficienza per la classe D, le analisi compiute sembrano suggerire effetti molto significativi, con fattori di amplificazione variabili tra 1.5 e 2.3 (o anche maggiori) e dipendenti dalla frequenza. Le analisi sui profili KikNet si riferiscono a situazioni intermedie tra C e D e forniscono amplificazioni tra 1.2 e 1.5

Risultati da verificare con elaborazioni sulla base della relazione di attenuazione del D_{10}

Task1: *deliverables attesi*

- D1 - Completamento base dati mondiale di registrazioni strong motion digitali, acquisizione della componente verticale per tutta la base di dati, correzione, e processamento degli spettri (*6 mesi*).
- D2 – Conferma/modifica modello di riferimento iniziale FPR04; se necessarie modifiche, formulazione di ipotesi di modello aggiornato (*12 mesi*).
- D3 – Modello finale di riferimento SRS campo lontano per zonazione (*18 mesi*).
- D4 – Modello finale SRS comprendente effetti di campo vicino (*20 mesi*).
attività da svolgersi in stretta collaborazione con Task 3