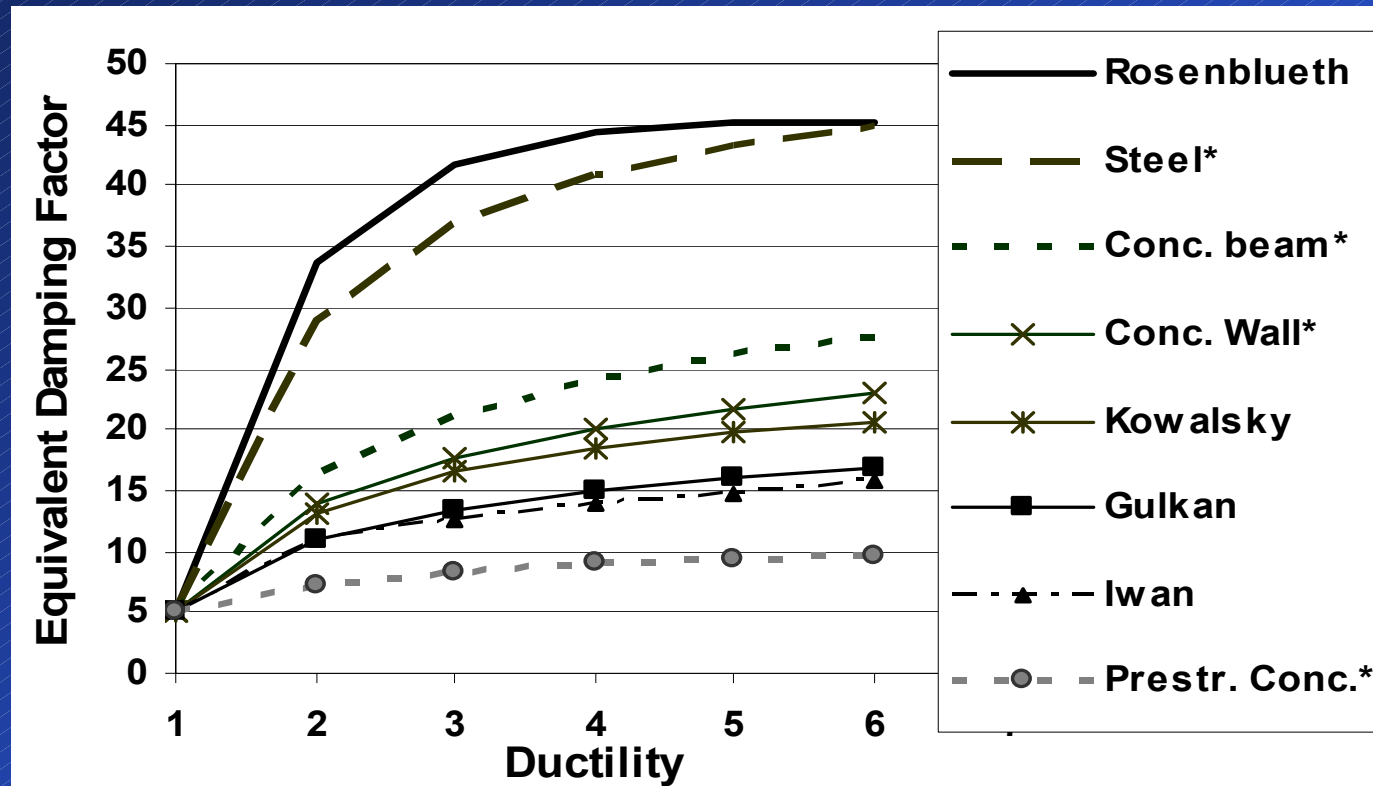


Task 2: Valutazione dell'influenza di diverse forme di dissipazione sullo SRS

Rui Pinho (EUCENTRE)

Existing equivalent viscous damping equations



- For high ductility values, up to 100% variation may be observed in values obtained by different proposals
- Likely dependency of equivalent damping on period of the structure has been overlooked
- Possible relationship between damping and input motion characteristics has also not been considered

Approach devised to tackle identified limitations

- 1) Parametric study aiming at deriving more reliable relationships between equivalent viscous damping and ductility, period and structural type
- 2) The above should initially exclude, for as much as possible, the effects of ground motion variability → i.e. artificial spectrum compatible records are used
- 3) Once point (2) is concluded, introduce the effects of ground motion variability, i.e. verify derived equations against a collection of representative ensemble of real records. Introduce modifications if and where necessary

Structural types considered and modelling

- 1) Reinforced concrete framed buildings
- 2) Wall structures and bridge piers
- 3) Precast reinforced concrete structures
- 4) Isolated structures (with different types of isolaters)
- 5) Steel structures

Hundreds of analysis need to be carried out $\Rightarrow$ simplified SDOF models, featuring adequate hysteretic models need to be employed, e.g.:

TAKEDA MODEL 1 (Narrow)

(f/f_y) 1.5

TAKEDA MODEL 2 (Fat)

Force (f/f_y)

Displacement (Δ/Δ_y)

$\alpha = 0.5$

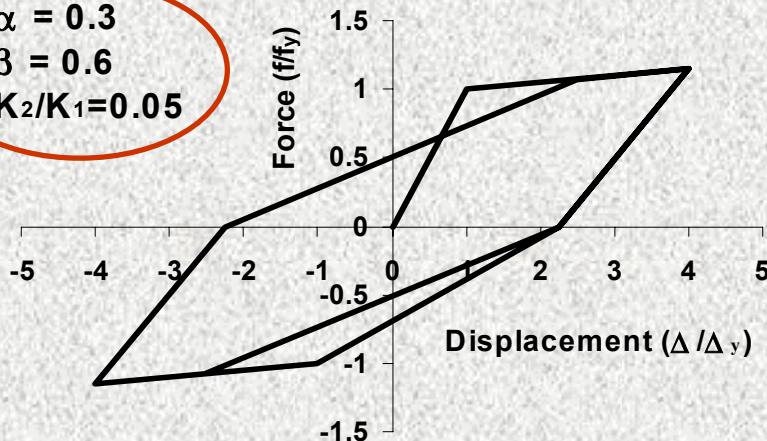
$\beta =$

K_2/K_1

$\alpha = 0.3$

$\beta = 0.6$

$K_2/K_1 = 0.05$



EPP

(f/f_y) 1.5

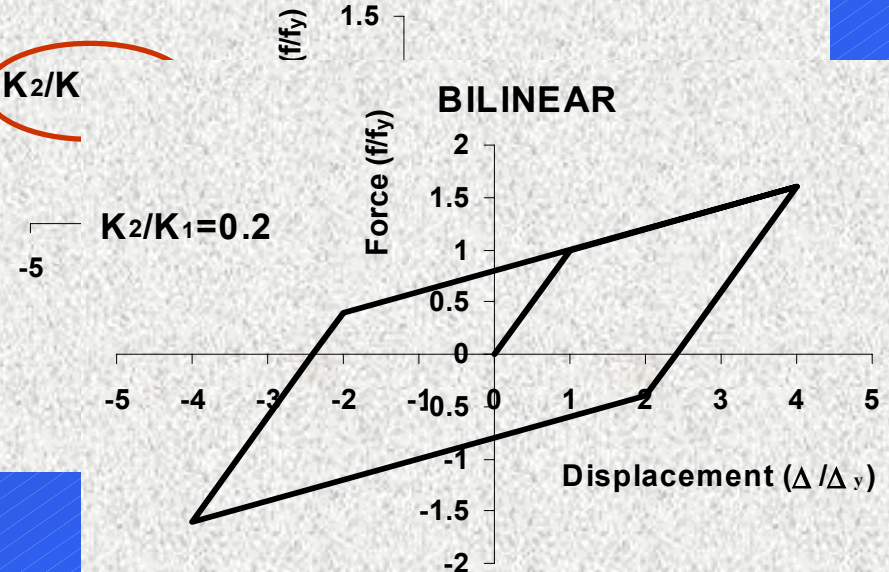
BILINEAR

Force (f/f_y)

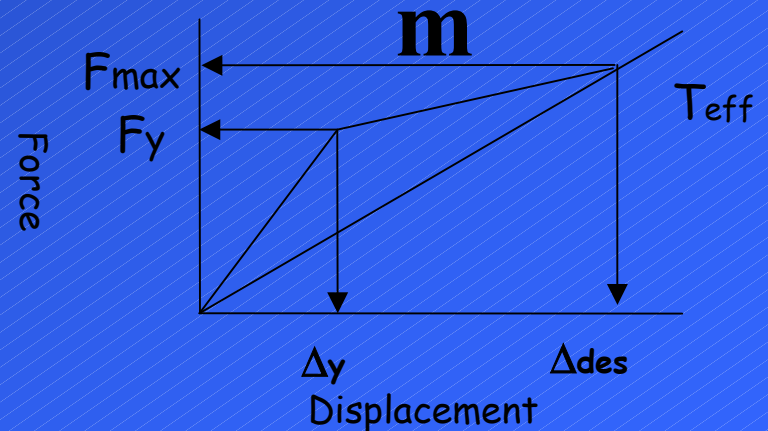
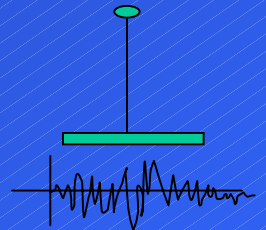
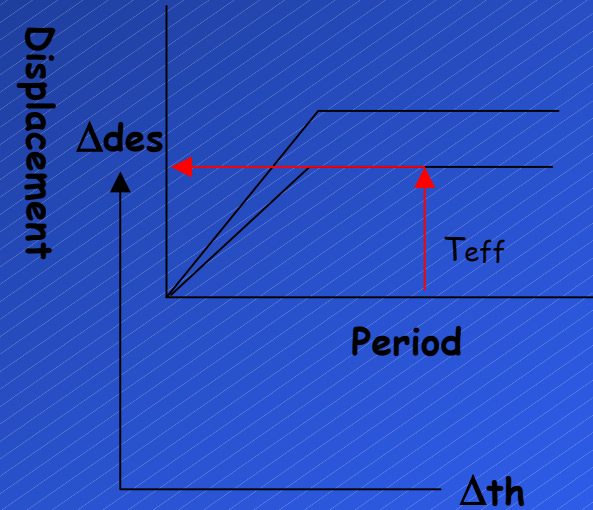
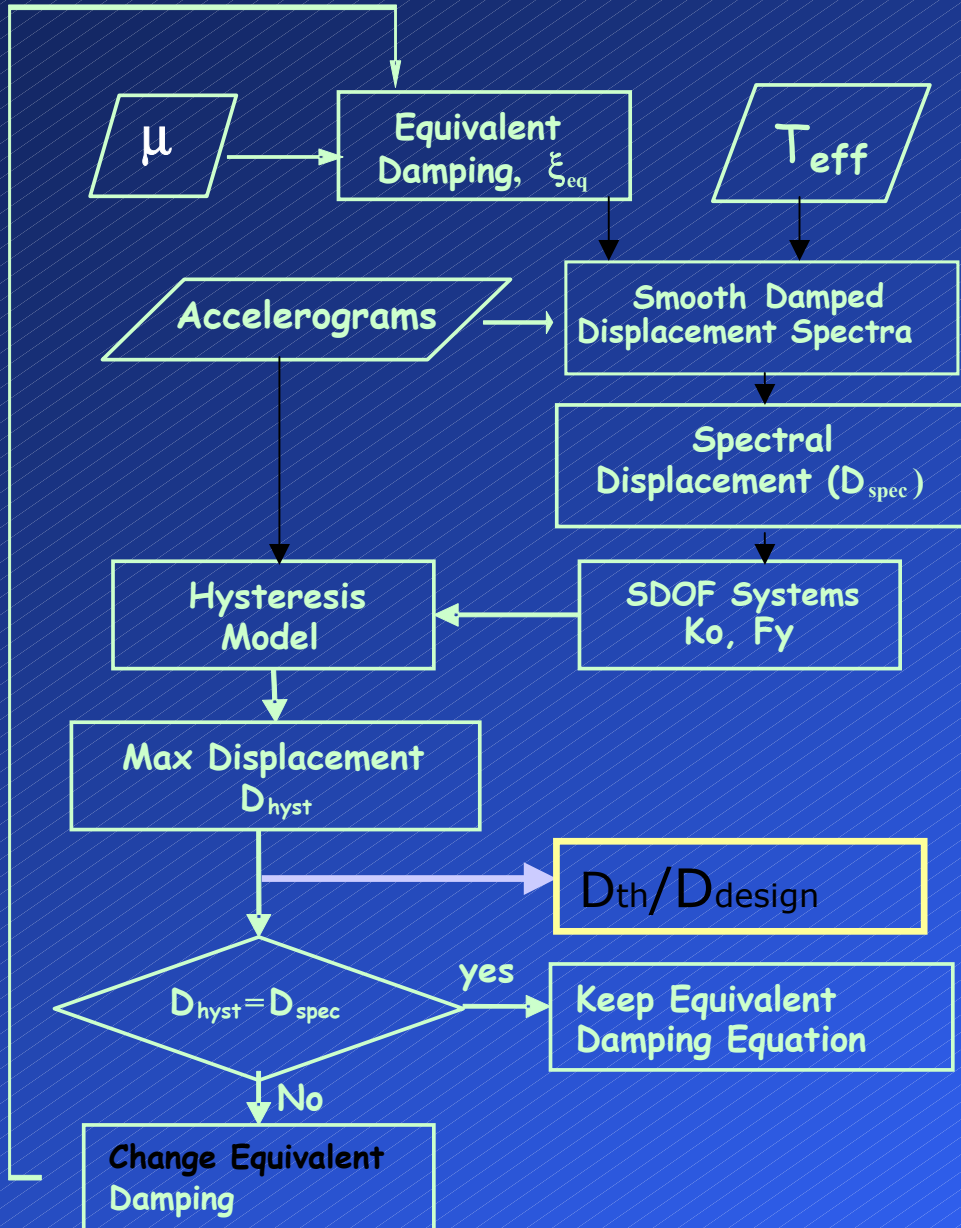
Displacement (Δ/Δ_y)

K_2/K

$K_2/K_1 = 0.2$

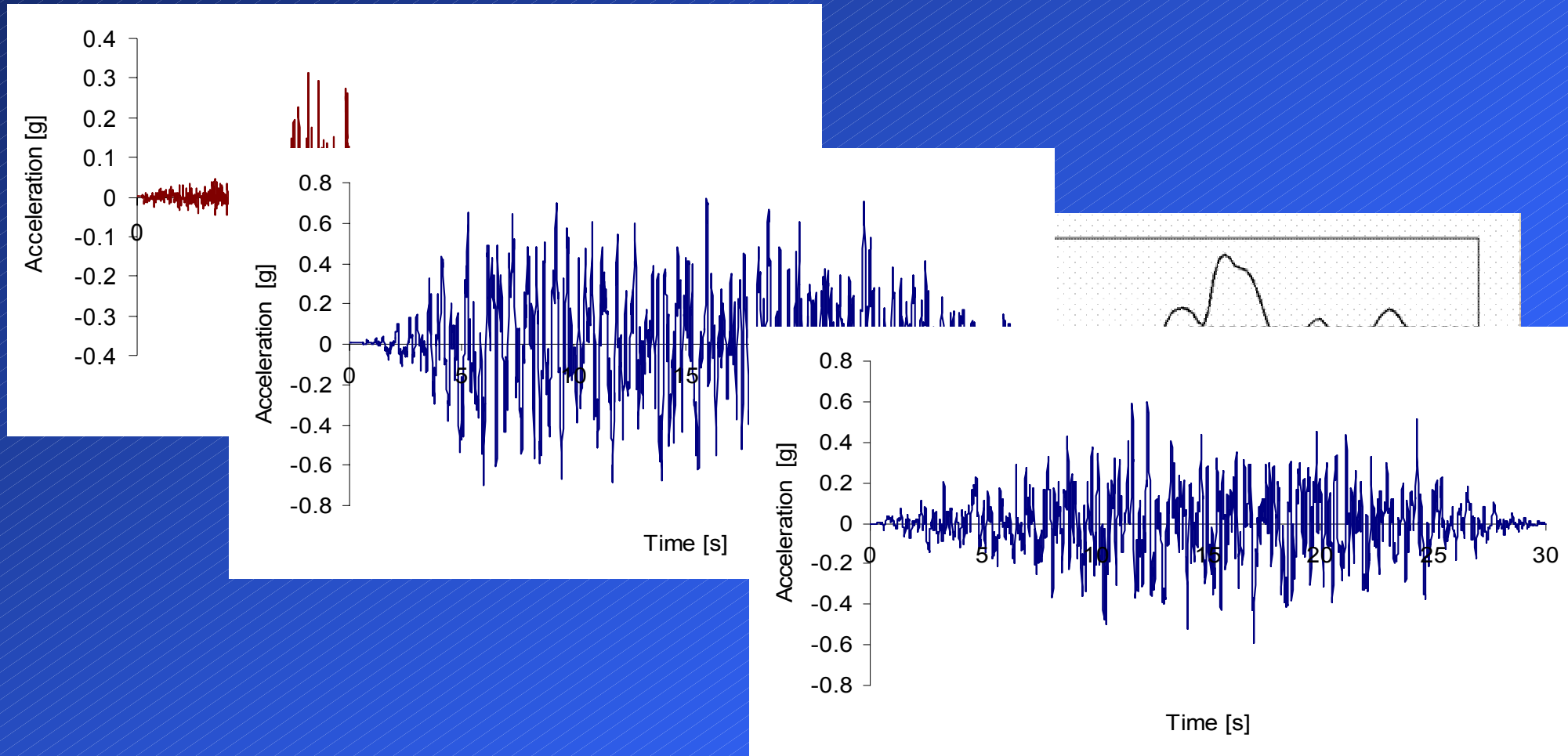


Parametric Study - flowchart

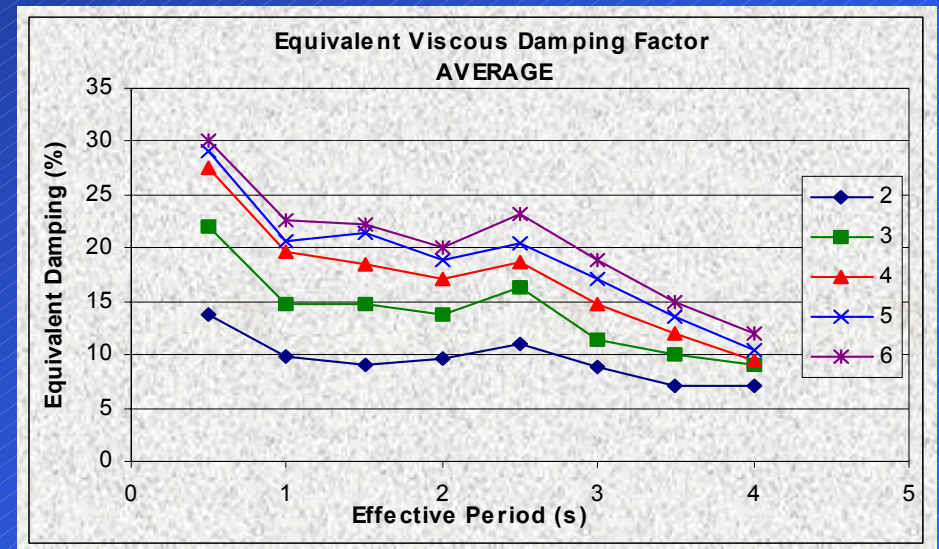
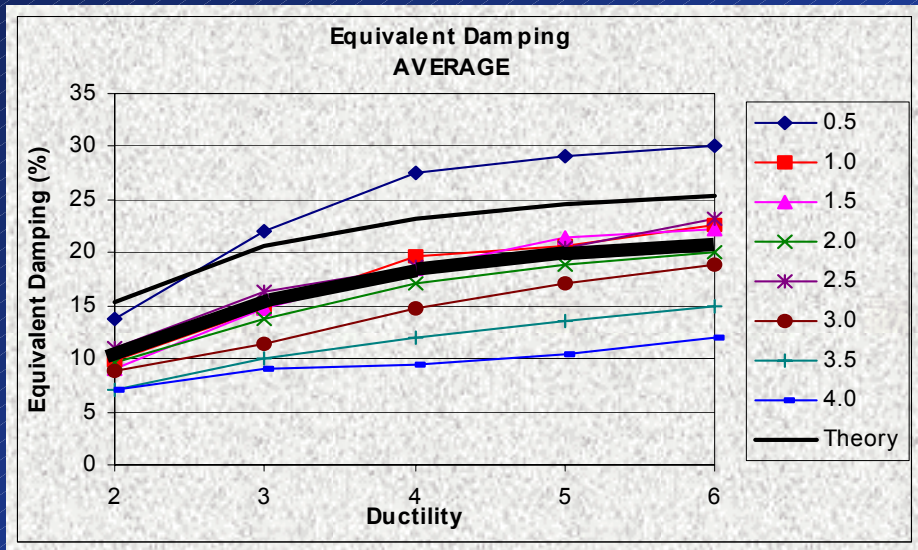


Initial set of spectrum compatible time-histories

- One spectrum-matched record [Bommer and Mendis]
- Four artificially-generated records



Results obtained after this first stage of work



- equivalent viscous damping is clearly dependent on effective period
- these trends are observed for practically all structural types considered
- period dependent equations have thus been, for the first time, derived

Tramite una procedura di curve fitting, sono state derivate le seguenti equazioni:

Per il modello Takeda "snello" ($\alpha=0.5$, $\beta=0$, $r=0.05$)

Per il modello Takeda "tozzo" ($\alpha=0.3$, $\beta=0.6$, $r=0.05$)

Per il modello elastico perfettamente plastico

Per il modello di Ramberg-Osgood ($\gamma=7$)

Per il modello Ring-Spring

$$\xi_{eff} = \frac{a}{\pi} \cdot \left(1 - \frac{1}{\mu^b} \right) \cdot \left(1 + \frac{1}{(T + c)^d} \right) \cdot \frac{1}{N}$$

Per il modello bilineare (r=0.2)

$$\xi_{eff} = \frac{a}{\pi} \cdot \left(1 - \frac{1}{\mu^b} - 0.1 \cdot r \cdot \mu \right) \cdot \left(1 + \frac{1}{(T+c)^d} \right) \cdot \frac{1}{N}$$

$$N = 1 + \frac{1}{(0,5 + c)^d}$$

Valori delle costanti per le equazioni presentate:

Costante	Takeda “snello”	Takeda “tozzo”	Bilineare	EPP	Ramberg Osgood	Ring Spring
a	95	130	160	140	150	50
b	0.5	0.5	0.5	0.5	0.45	0.5
c	0.85	0.85	0.85	0.85	1	1
d	4	4	4	2	4	3

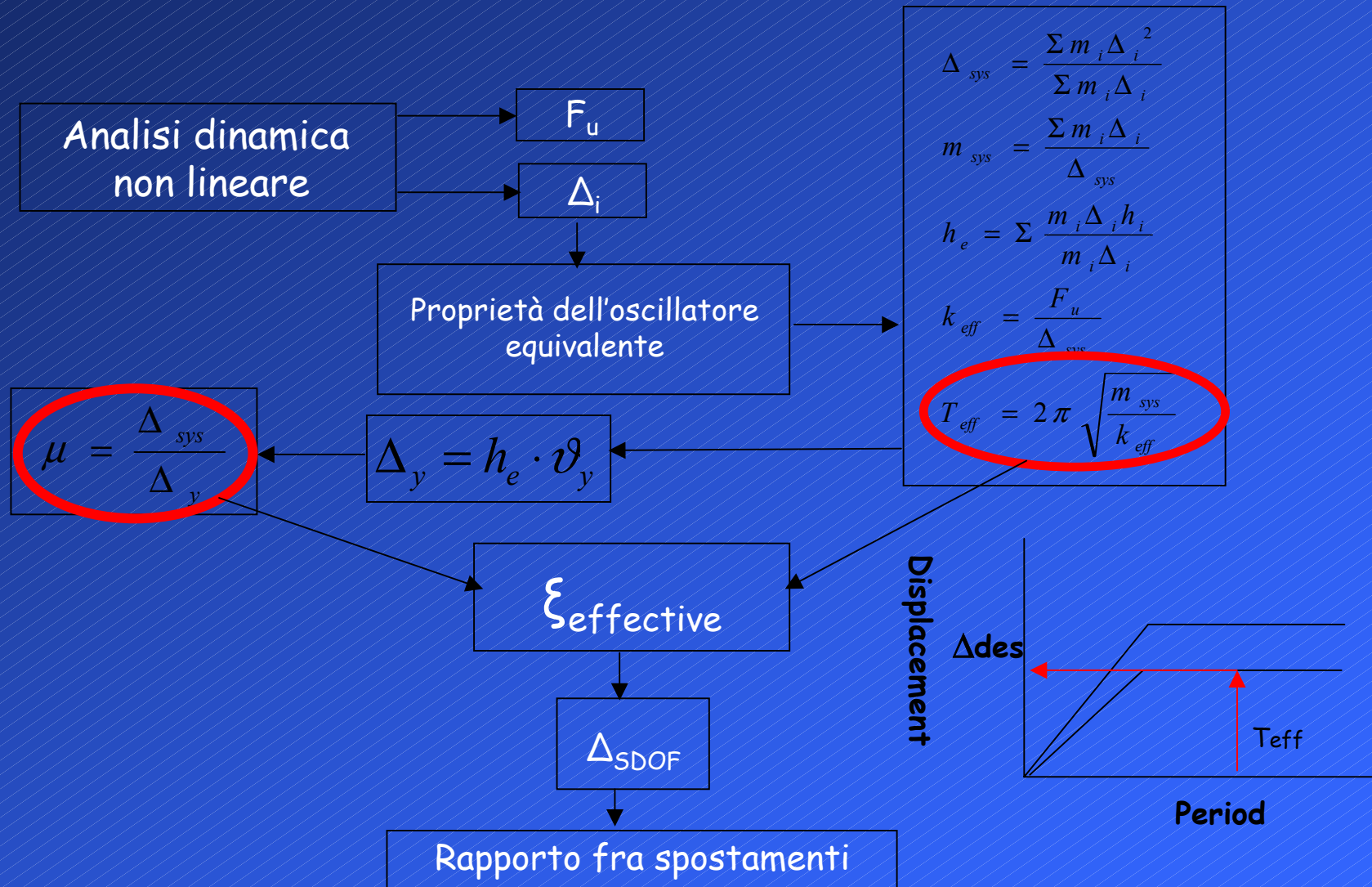
Passo successivo

- Poiché le equazioni precedenti sono state derivate considerando sistemi semplificati (a 1 GdL),
- Bisogna verificare se la loro applicazione a strutture realistiche (telai in ca, cioè sistemi a più gradi di libertà) porta a risultati accettabili

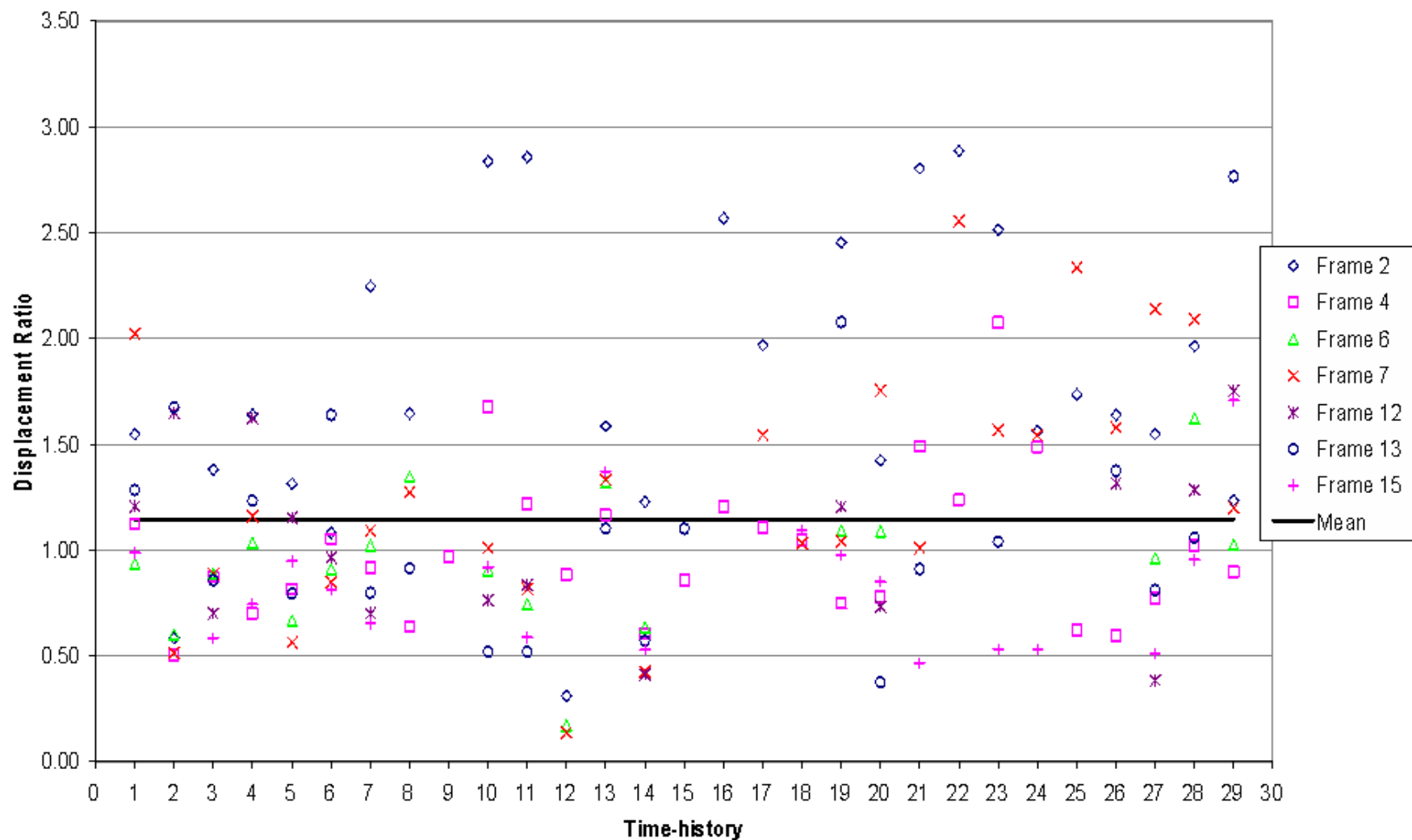
Verifica delle equazioni proposte per sistemi a più gradi di libertà

- Confronto tra lo spostamento ottenuto da analisi dinamica non lineare e quello di un oscillatore a 1 GdL associato alla struttura in esame
- Modello costitutivo:
Takeda "tozzo" (appropriato per strutture a telaio in c.a.)
- Sette differenti modelli (edifici a 3, 4, 5, 6 ed 8 piani) utilizzati

Procedimento per il MDOF



Risultati ottenuti



Commenti

- valore medio dei risultati (confronto tra 1GDL e MGDL) è vicino all'unità, essendone leggermente superiore (quindi i risultati sono conservativi)
- variabilità osservata certamente dovuta all'impiego di accelerogrammi reali (piuttosto che quelli artificiali)
- si è ritenuto quindi lecito assumere che le equazioni derivate per sistemi ad 1GDL possano essere applicate a strutture MGDL (questo studio verrà comunque approfondito)
- si è proceduto con la prossima fase del lavoro: verificare le equazioni proposte quando applicate ad accelerogrammi reali (si ricorda che queste equazioni sono state volutamente derivate per accelerogrammi artificiali)

Verifica per 29 accelerogrammi reali
(utilizzando ovviamente oscillatori ad un grado
di libertà):

Utilizzo di oscillatori con differenti
caratteristiche:

- 8 periodi effettivi (0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4 secondi)
- 5 livelli di duttilità (da 2 a 6)

40 modelli x 6 leggi costitutive x 29
accelerogrammi → 6960 analisi

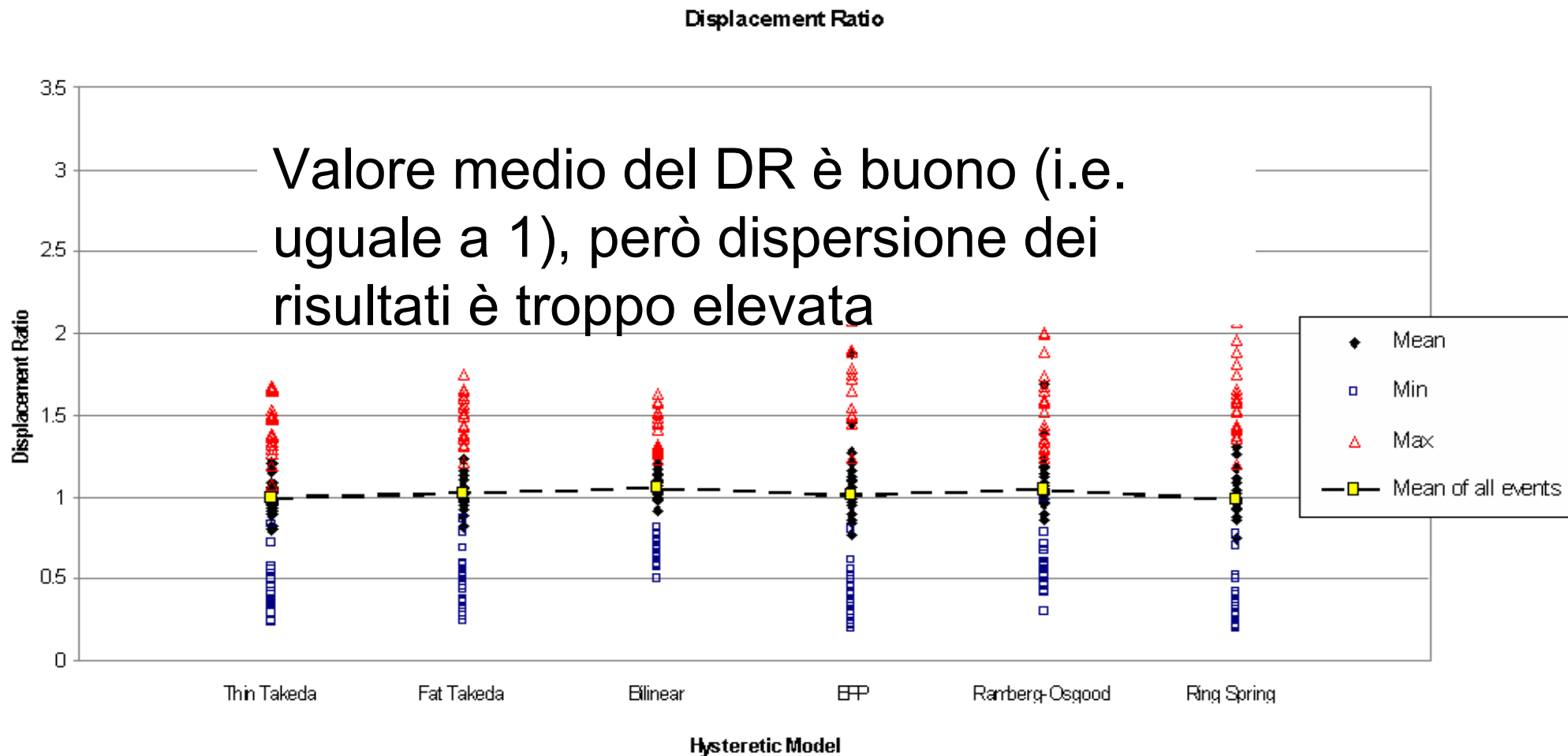
Descrizione dell'azione sismica

- 29 accelerogrammi utilizzati (di cui 14 sono rappresentativi della sismicità in Italia, forniti da Faccioli/Paolucci)

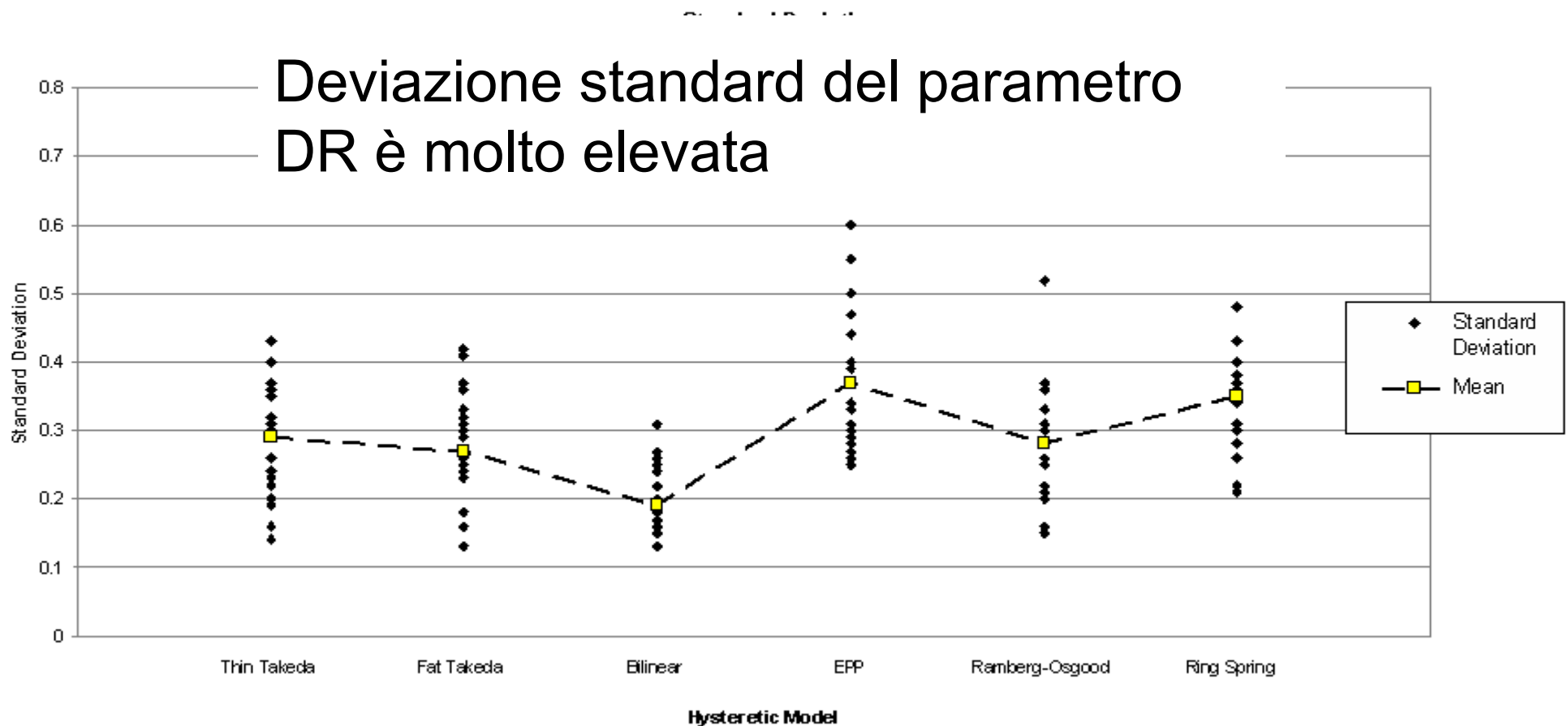
Risultati

- Bontà dell'equazioni è valutata tramite il parametro DR (displacement ratio), definito come il rapporto tra lo spostamento ottenuto tramite un'analisi dinamica non-lineare della struttura (valore "esatto") e quello previsto con lo SRS ridotto tramite l'utilizzo delle equazioni proposte (valore approssimato, semplificato)

Risultati - valore medio di DR



Risultati - deviazione standard



Influenza delle caratteristiche dell'azione sismica sui risultati

Data l'elevata variabilità (comunque attesa) osservata nei risultati,

si è cercato di individuare un possibile legame tra questa variabilità dei risultati DR e diverse caratteristiche dell'input sismico

Influenza delle caratteristiche dell'azione sismica sui risultati

Sono stati considerati:

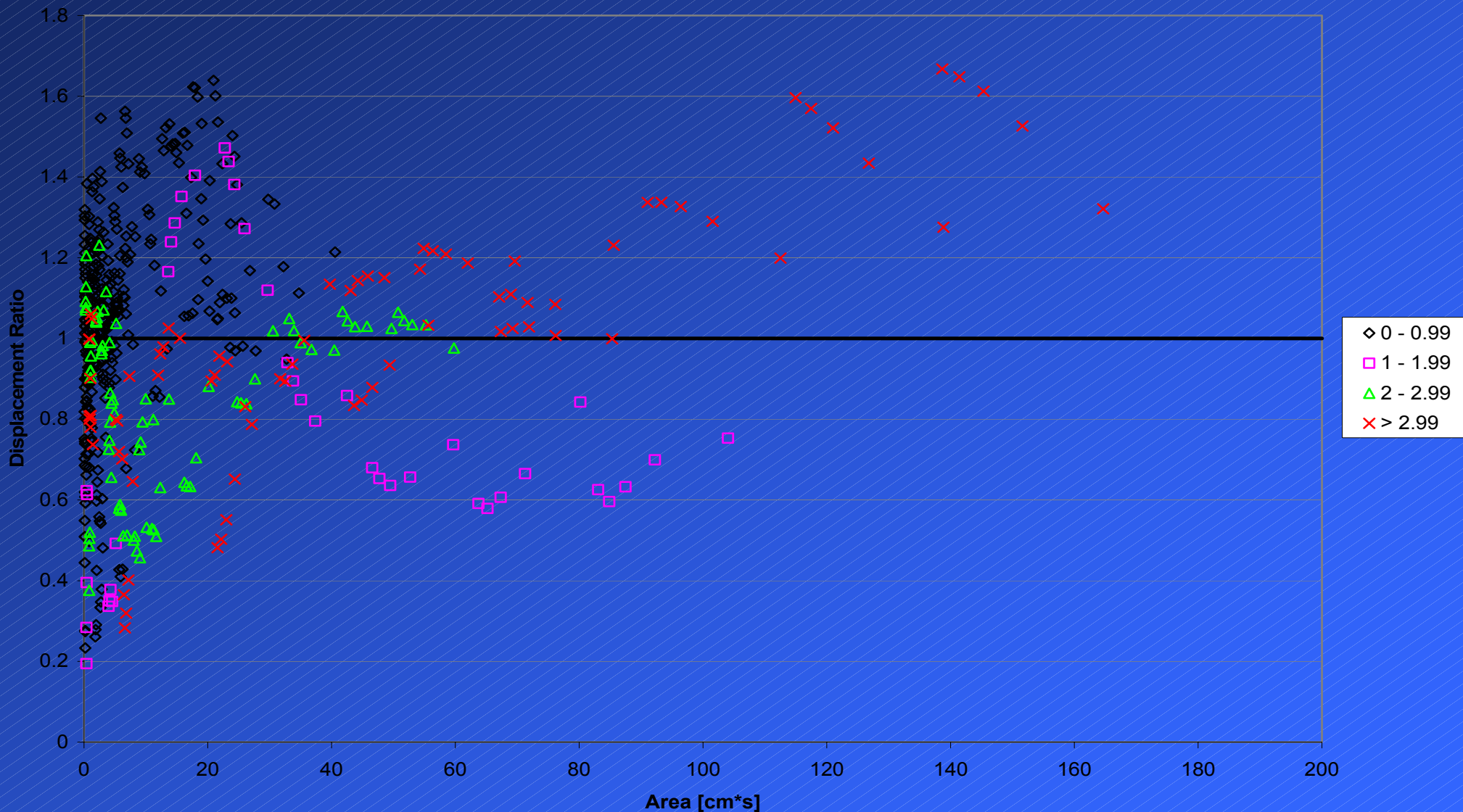
- Spostamento spettrale
- Accelerazione spettrale
- Area sottesa allo spettro in spostamento sino al periodo T considerato
- Area sottesa allo spettro in accelerazione sino al periodo T considerato
- Media dell'accelerazione spettrale da T_0 a $F T_0$ con F da 1.5 a 2

Influenza delle caratteristiche dell'azione sismica sui risultati

I dati sono stati raggruppati secondo:

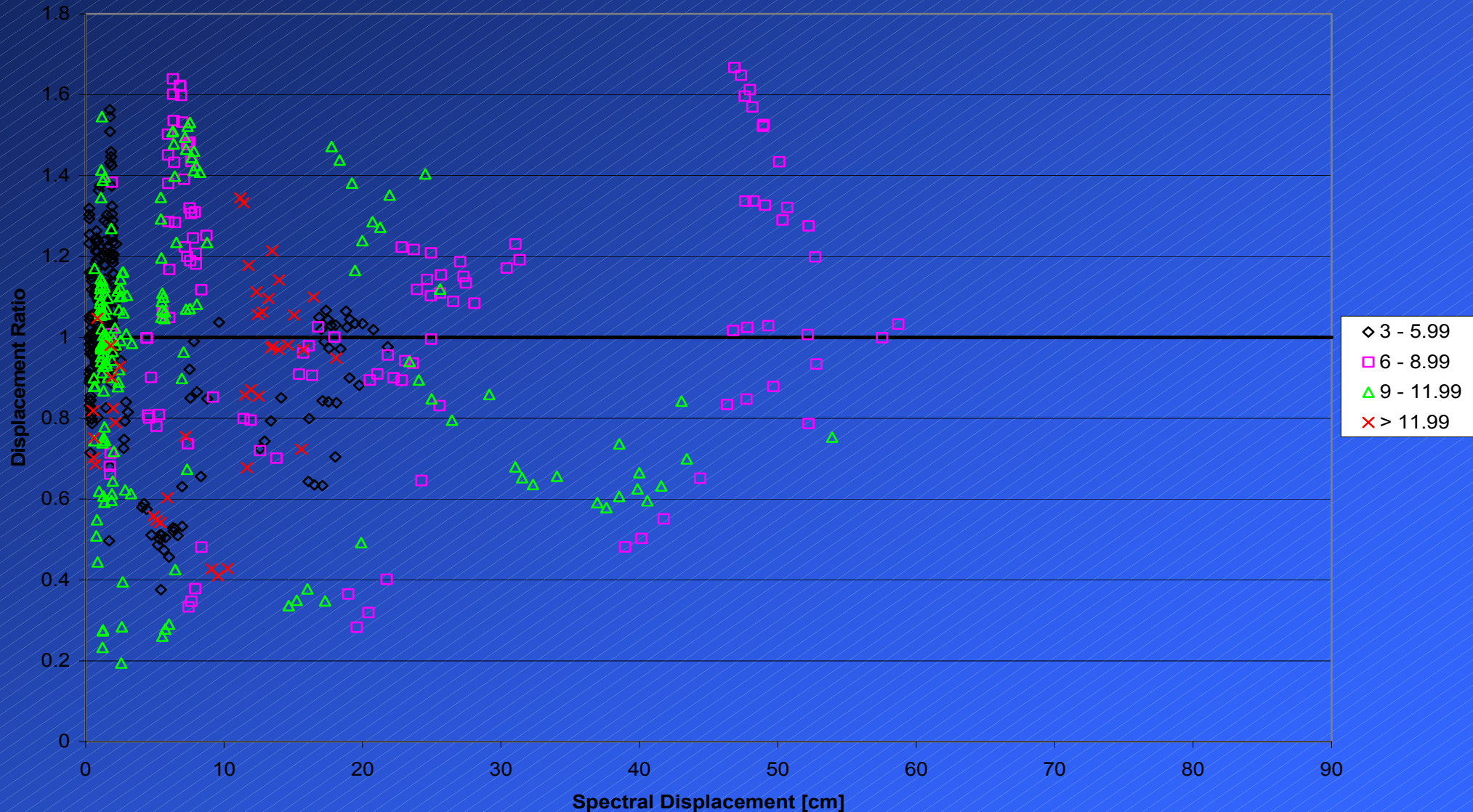
- Magnitudo
- Distanza dall'epicentro
- P_{ga}
- P_{gv}
- P_{gd}
- Arias intensity
- Durata significativa

Rapporto fra spostamenti vs. area sottesa allo spettro in
spostamento per il modello di *Takeda "snello"*.
Dati raggruppati secondo l'"Arias intensity"



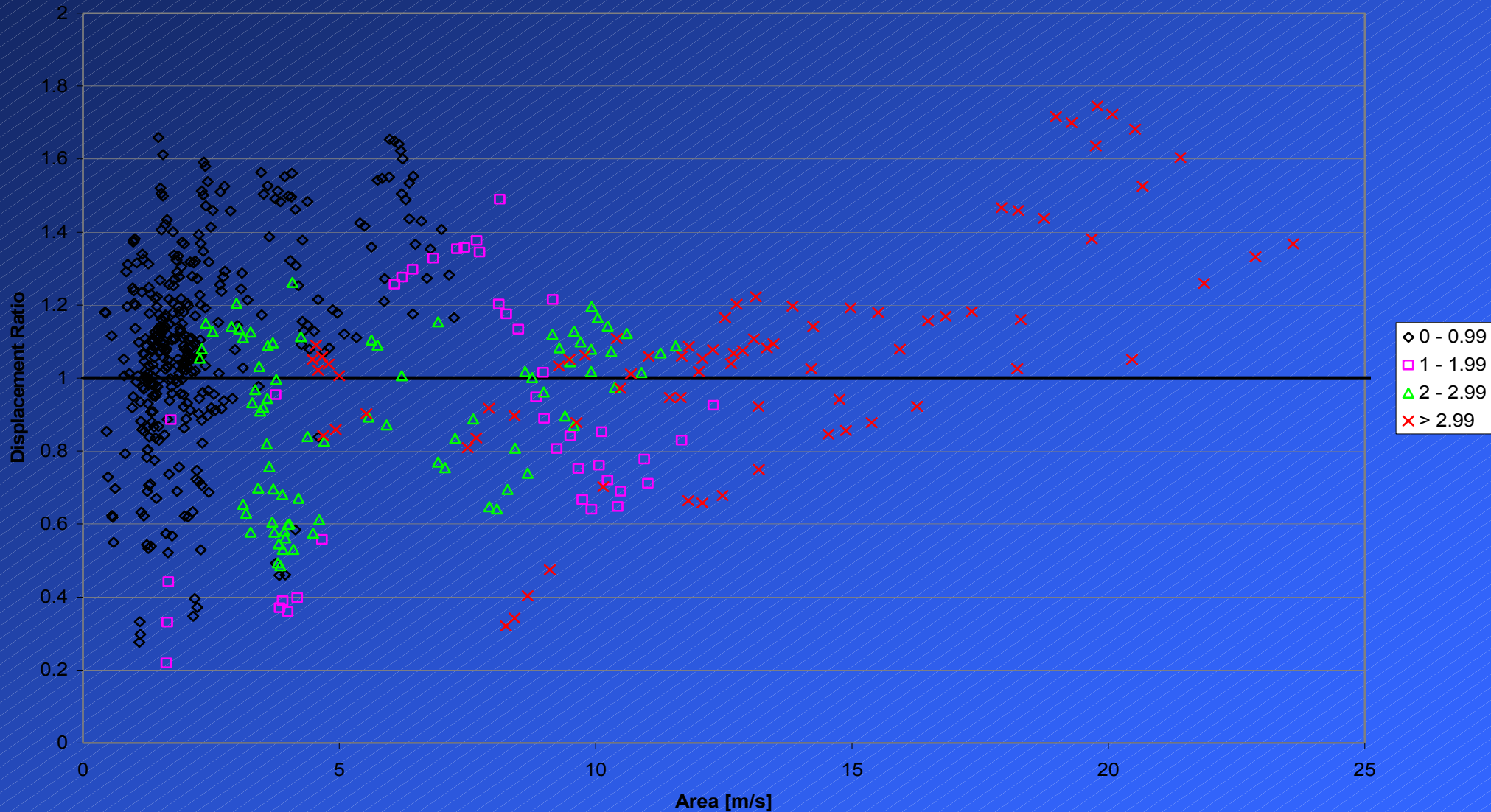
Rapporto fra spostamenti vs. spostamento spettrale per il modello di *Takeda "snello"*.

Dati raggruppati secondo la durata significativa



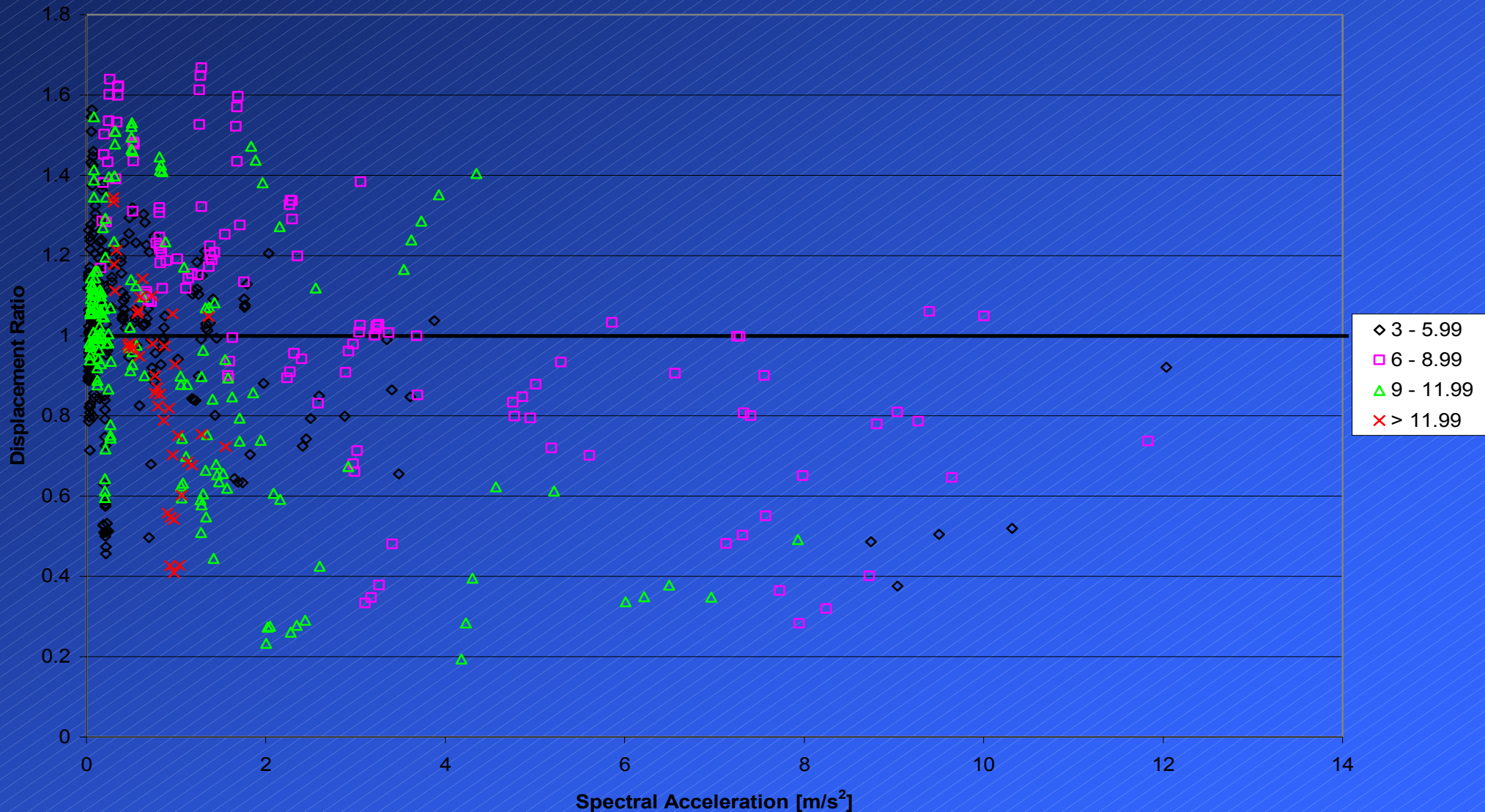
Rapporto fra spostamenti vs. area sottesa allo spettro in spostamento per il modello di *Takeda* "tozzo".

Dati raggruppati secondo l'"Arias intensity"



Rapporto fra spostamenti vs. accelerazione spettrale per il modello di *Takeda "snello"*.

Dati raggruppati secondo la durata significativa



Coefficienti di correlazione bassi (tipicamente valori tra 0.5-0.6)

0.094	0.364	-0.572	0.199	-0.327	-0.338	-0.347	-0.355	-0.362	-0.368
-0.211	-0.138	-0.336	-0.164	-0.318	-0.316	-0.313	-0.311	-0.309	-0.308
-0.272	-0.159	0.637	-0.542	0.722	0.721	0.717	0.712	0.707	0.703
0.310	0.460	-0.041	0.348	0.013	0.009	0.006	0.005	0.006	0.006
-0.156	0.159	-0.481	0.159	-0.488	-0.498	-0.504	-0.508	-0.510	-0.510
-0.165	-0.036	-0.526	0.081	-0.372	-0.374	-0.375	-0.377	-0.379	-0.381
-0.134	0.040	-0.198	-0.140	-0.234	-0.233	-0.232	-0.232	-0.232	-0.232
0.498	0.796	-0.600	0.653	-0.399	-0.423	-0.444	-0.461	-0.475	-0.488
-0.178	0.083	-0.291	0.259	-0.391	-0.398	-0.403	-0.406	-0.408	-0.409
0.415	0.565	-0.371	0.588	-0.225	-0.244	-0.261	-0.276	-0.288	-0.299
0.397	0.579	-0.415	0.597	-0.177	-0.189	-0.199	-0.207	-0.215	-0.222
0.026	0.307	-0.333	0.278	-0.276	-0.288	-0.297	-0.304	-0.310	-0.315
0.487	0.661	-0.524	0.593	-0.635	-0.616	-0.601	-0.589	-0.581	-0.575
0.391	0.570	-0.435	0.598	-0.224	-0.240	-0.252	-0.262	-0.271	-0.280
0.214	-0.368	0.000	-0.124	0.016	0.017	0.018	0.018	0.017	0.017

Conclusioni

- I valori medi del rapporto fra spostamenti (dinamico/spettro) sono risultati essere prossimi all'unità
- È, tuttavia, presente nei risultati un grosso scarto
- Si è poi studiata la dipendenza del rapporto fra spostamenti in funzione delle caratteristiche dell'azione sismica
- Si sono analizzate regressioni lineari ed esponenziali ma, per la maggioranza dei casi, non è stata trovata una chiara correlazione

Possibili soluzioni da esplorare

- Bommer e suoi collaboratori hanno recentemente dimostrato che l'utilizzo di accelerogrammi spectrum-matched, può portare ad un riduzione dello scatter dei risultati senza però eliminare tutte le caratteristiche intrinseche degli accelerogrammi originali
- Si pensava quindi di ripetere lo studio svolto finora con accelerogrammi naturali, utilizzando invece spectrum-matched records, esplorando ancora una volta la possibilità di ottenere un collegamento fra lo smorzamento equivalente e le caratteristiche dell'azione sismica