

Corsi di aggiornamento
Progettazione strutturale
e Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni

9. Vulnerabilità e rischio sismico
di edifici esistenti in c.a.

17 – Giudizio sulla struttura (per schema assegnato,
al variare delle formulazioni adottate)

Villa Redenta, Spoleto, 22-24 novembre 2018
Aurelio Ghersi

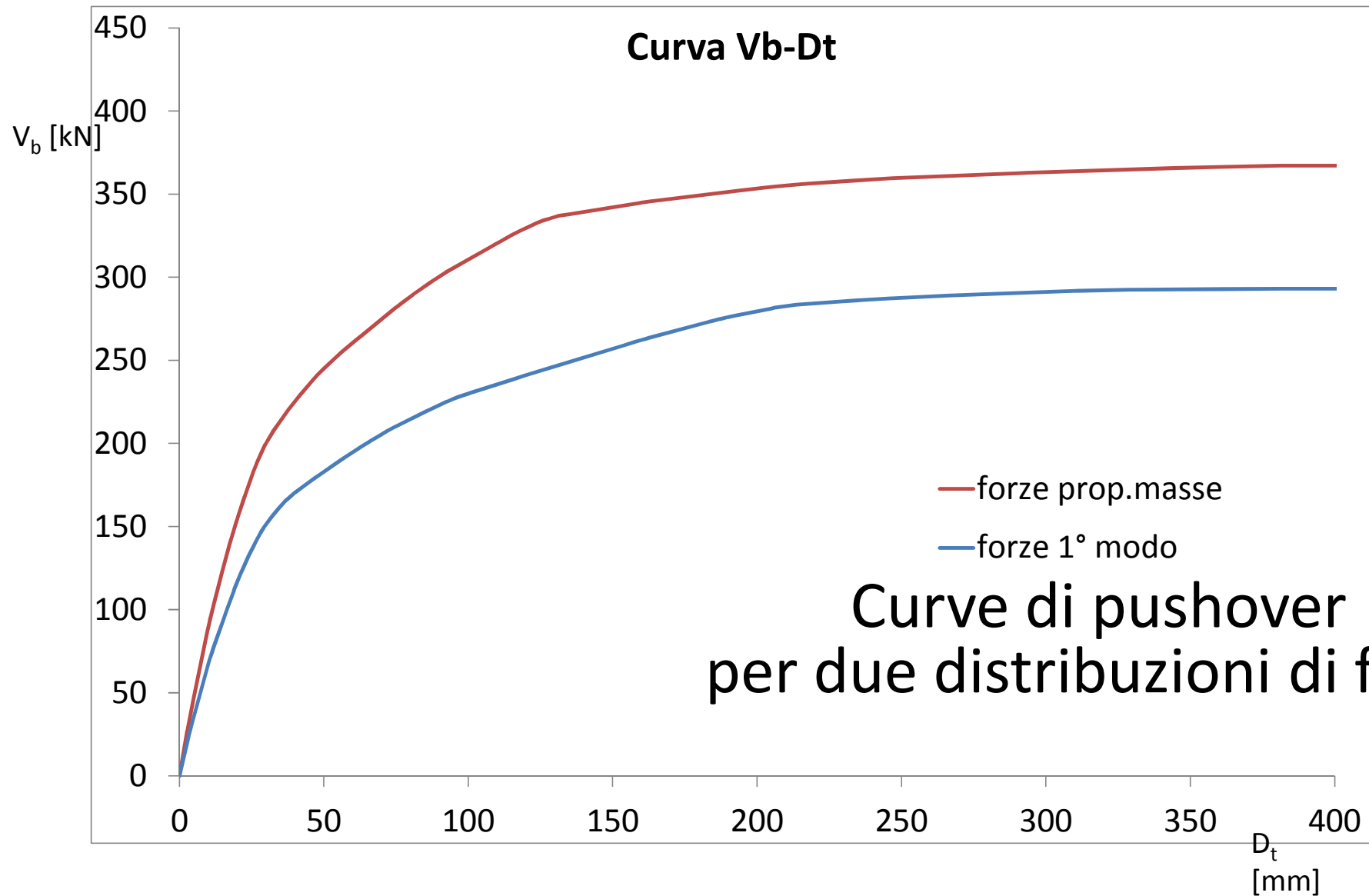
Come procedere?

Valutare come cambia la risposta per lo schema assegnato:

- Cambiando la distribuzione di forze applicate o il modo di effettuare la pushover
- Cambiando il criterio di correlazione tra spostamenti ed accelerazione sismica
- Cambiando la formulazione per valutare la rotazione alla corda ultima
- Cambiando la rigidezza delle aste per tener conto con maggior precisione dell'effetto della fessurazione e della presenza di tratti rigidi

Risposta

al variare della distribuzione di forze



Risposta

al variare della distribuzione di forze

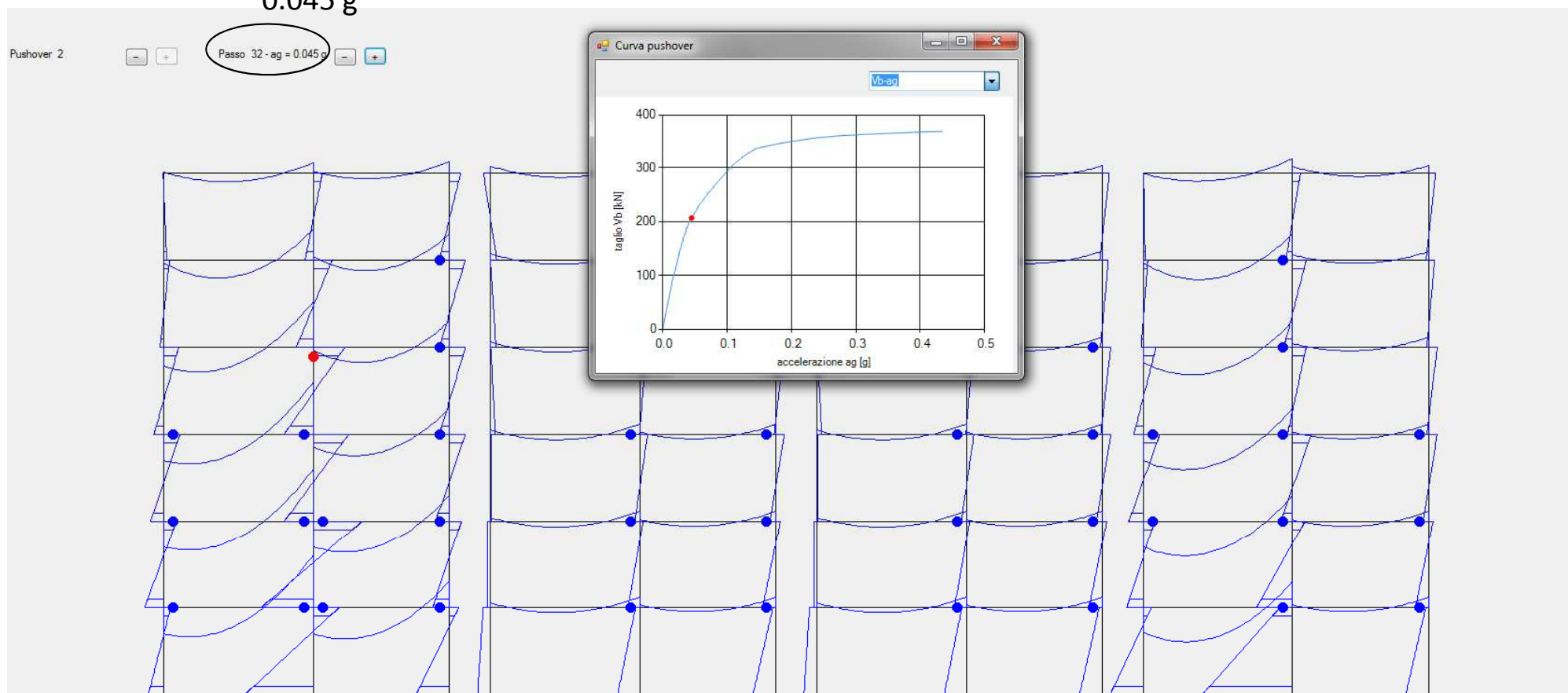
- Rilevanti differenze tra le curve di pushover
 - In genere la distribuzione proporzionale alle masse indica un maggior valore del taglio alla base, a parità di spostamento in testa

... ma non è questo che ci interessa

- Dobbiamo sempre valutare
ordine progressivo di formazione delle cerniere,
possibili rotture fragili,
deformazioni plastiche (rotazioni alla corda ovvero
spostamenti di interpiano)

Formazione progressiva delle cerniere plastiche

0.045 g



La prima cerniera in un pilastro si forma per un'accelerazione maggiore che nel caso precedente (0.045 g anziché 0.035 g). Molte travi sono già plasticizzate

Formazione progressiva delle cerniere plastiche

Commento

- La struttura ha resistenza molto bassa e quindi inizia a danneggiarsi per valori molto bassi di a_g
Non buono
- Si ha un danneggiamento diffuso delle travi, perché la loro resistenza è particolarmente bassa
- Non si hanno danneggiamenti concentrati in zone particolari
- I pilastri iniziano a danneggiarsi solo dopo che molte travi sono danneggiate
Buono

Tutto molto simile a quanto visto
con la distribuzione di forze modale

Comportamento delle aste

duttile o fragile

Commento

- La plasticizzazione delle travi indica un comportamento duttile

Buono

- La plasticizzazione nei pilastri è poco diffusa, ma ne andrebbe controllata la duttilità

Da approfondire

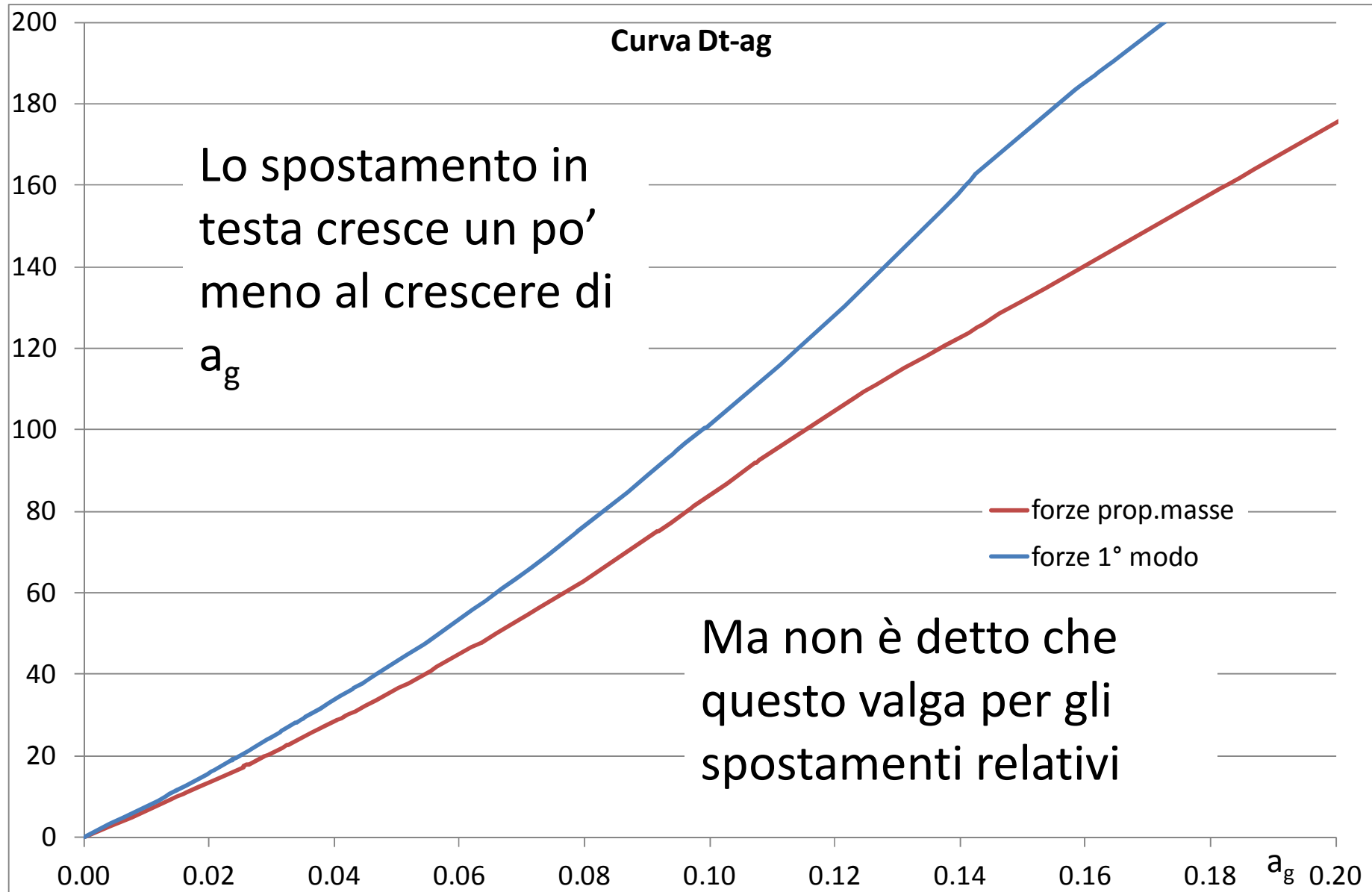
- Non si sono avute rotture a taglio nei pilastri

Buono

Tutto molto simile a quanto visto
con la distribuzione di forze modale

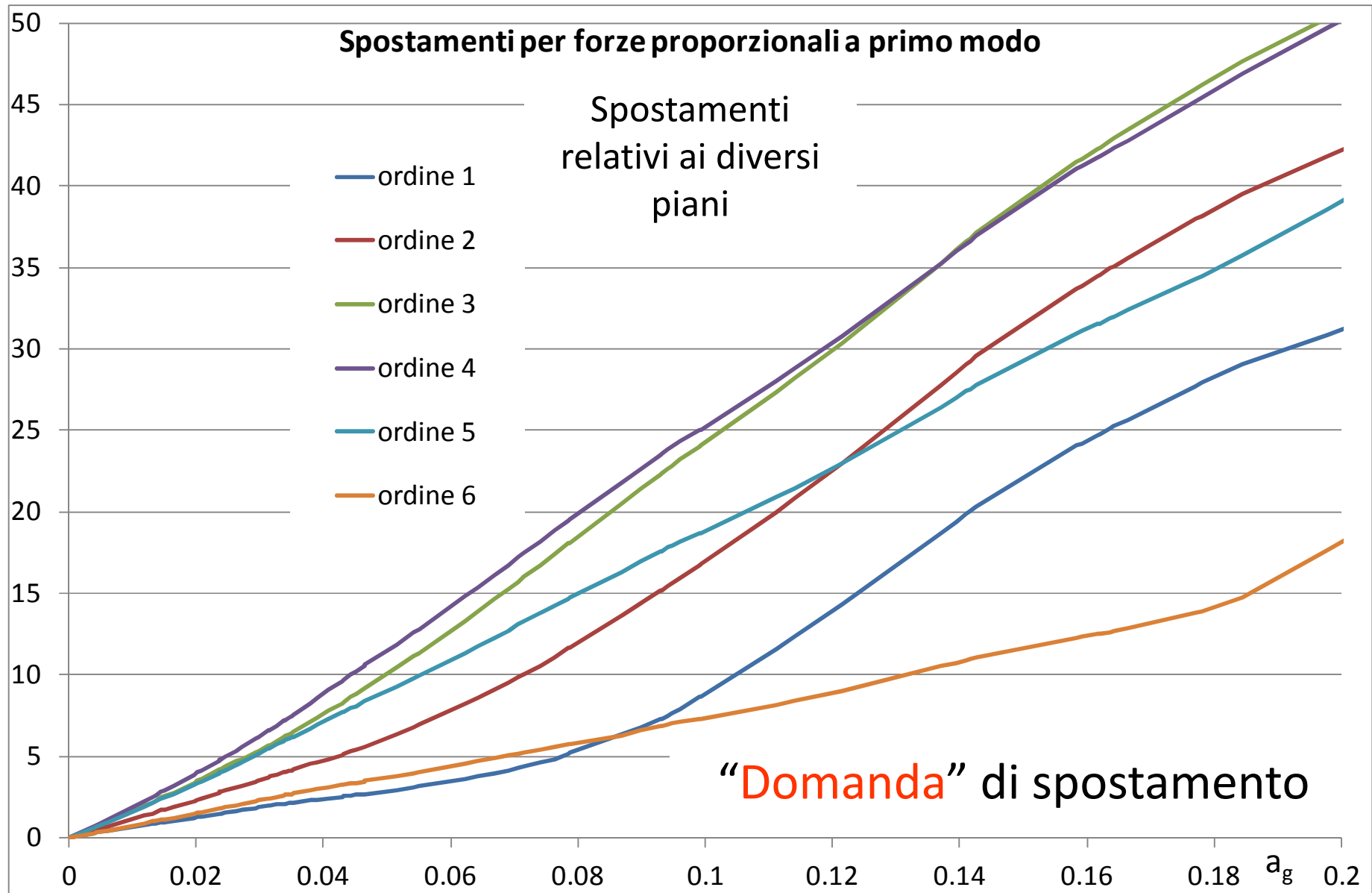
Spostamento in testa

al variare di a_g



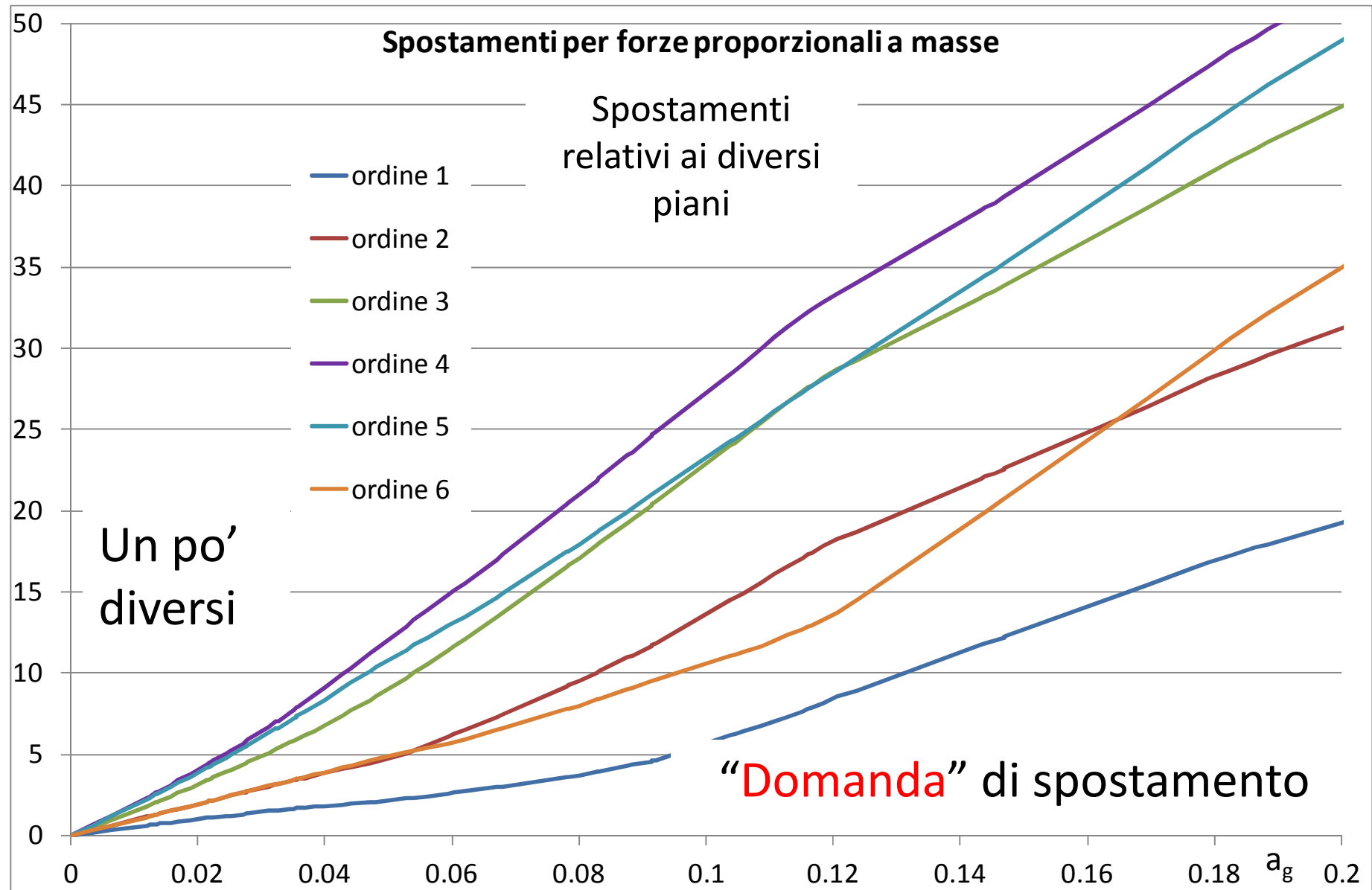
Spostamenti relativi

al crescere di a_g – distribuzione forze modale



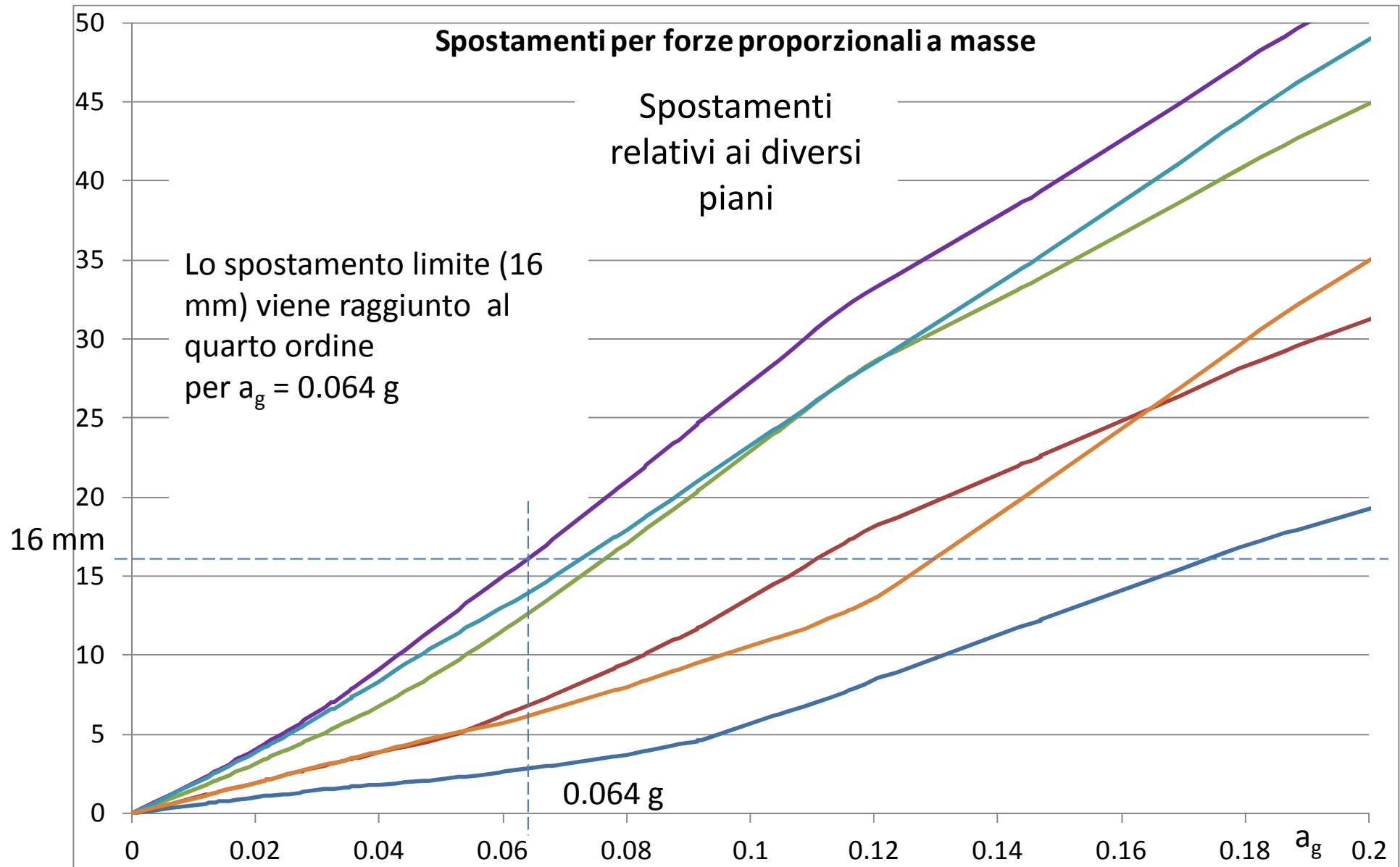
Spostamenti relativi

al crescere di a_g – distribuzione prop. masse

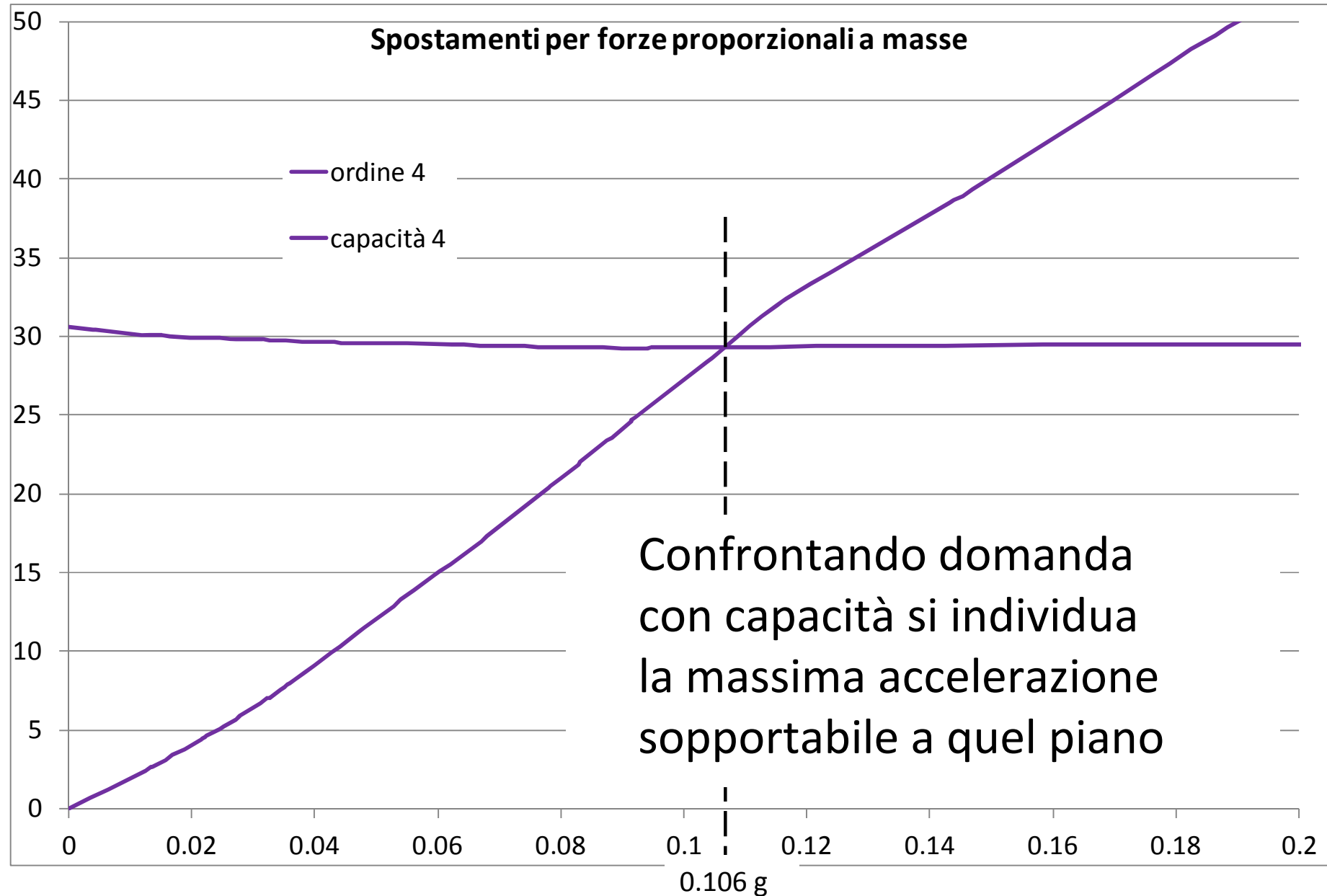


Comportamento della struttura

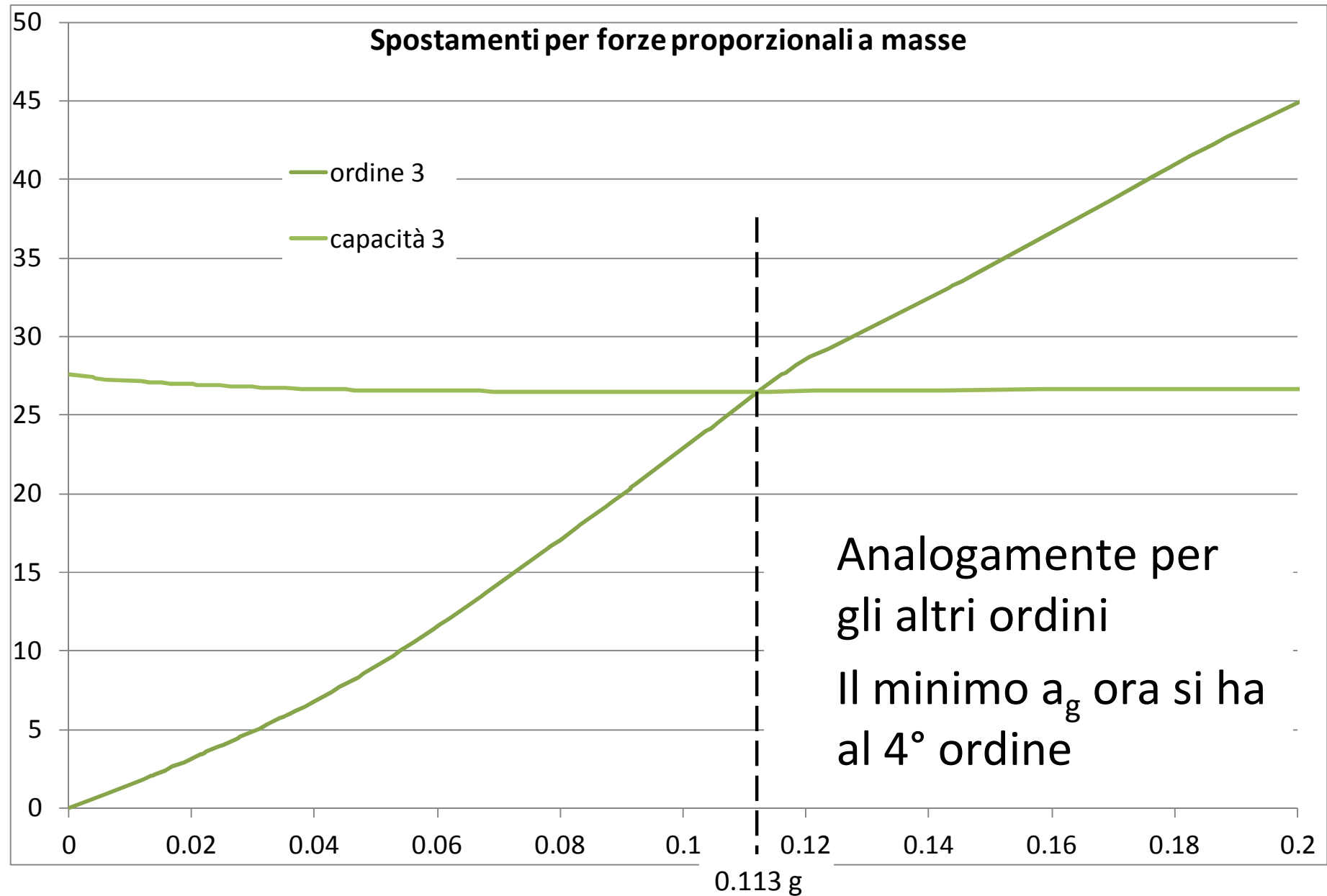
Stato Limite di Danno SLD



Domanda e Capacità al variare di $N - 4^{\circ}$ ordine



Domanda e Capacità al variare di $N - 3^{\circ}$ ordine



Confronto

al variare della distribuzione di forze

- Almeno in questo caso il giudizio è sostanzialmente identico per le due distribuzioni
- Il raggiungimento del limite SLD si ha per $a_g = 0.064$ g (era 0.066 g per distribuzione primo modo)
- Il raggiungimento del limite SLV si ha per $a_g = 0.106$ g (era 0.105 g per distribuzione primo modo)
- Sarebbero da analizzare anche altri procedimenti, come le analisi adattive ...

Risposta

cambiando il modo di calcolare a_g

- Se si usa il metodo di Freeman si ottengono, per ciascun punto della pushover, accelerazioni un po' più grandi
- Si troverebbe di conseguenza che sia lo SLD che lo SLV si ottengono per accelerazioni un po' più grandi

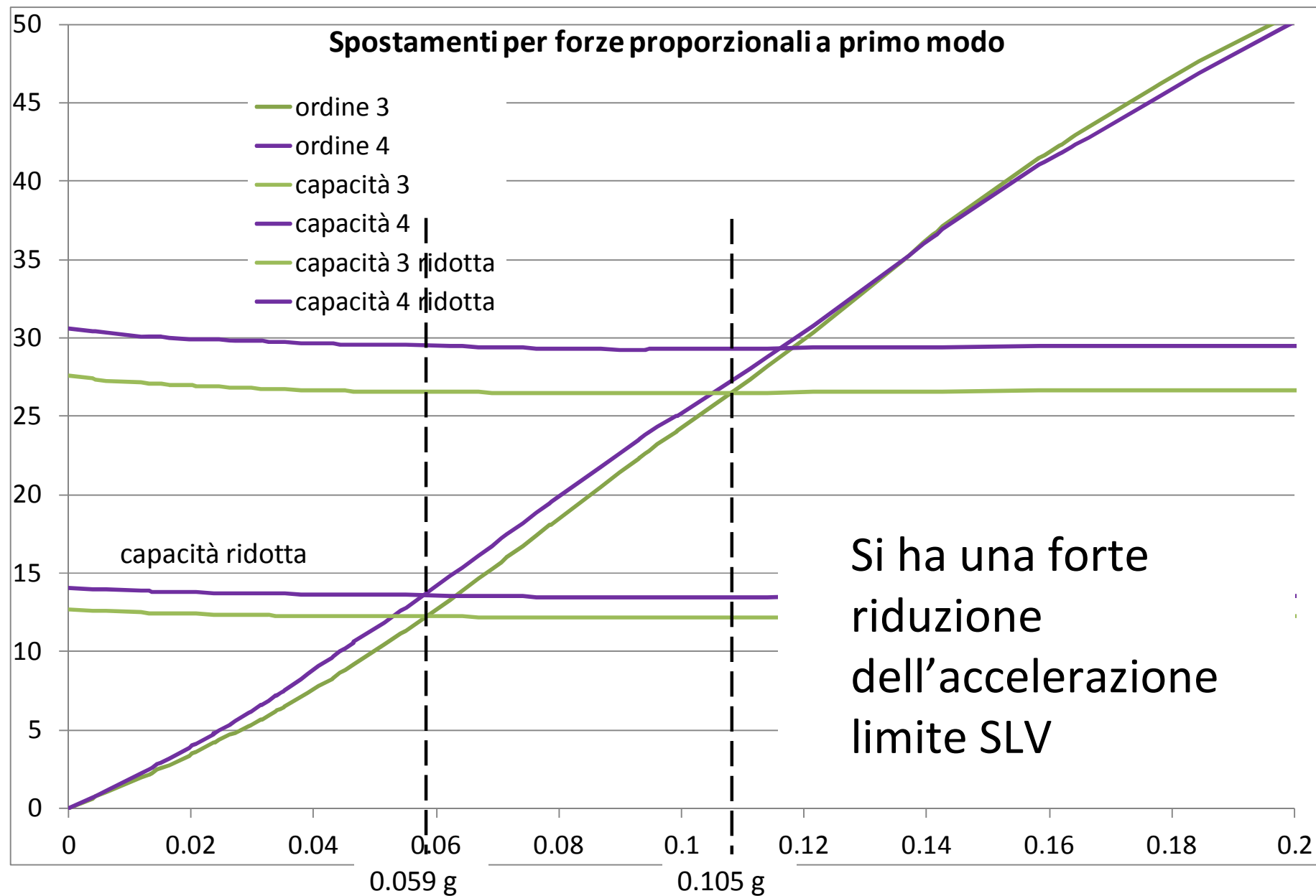
Risposta

cambiando il calcolo di θ_u

- Valutando la rotazione alla corda ultima con la formulazione analitica, anziché quella sperimentale, si ottengono valori nettamente inferiori (circa la metà o anche meno)
- Non cambia nulla per SLD

Domanda e Capacità

al variare di $N - 4^{\circ}$ ordine



Risposta

cambiando il calcolo di θ_u

- Valutando la rotazione alla corda ultima con la formulazione analitica, anziché quella sperimentale, si ottengono valori nettamente inferiori (circa la metà o anche meno)
- Sono convinto che sia preferibile utilizzare i valori forniti dal programma RC_NL, intermedi tra i due per sforzi normali medi e alti, ed usare i valori della formulazione sperimentale solo come limite in caso di sforzi normali bassi

Risposta

cambiando la rigidezza delle aste

- Si è già visto dall'analisi lineare che usando rigidezza ridotte per tener conto della fessurazione si ha una (non elevata) riduzione del valore di a_g che porta al raggiungimento di SLD
- Ho effettuato l'analisi non lineare, usando per semplicità le stesse rigidezze valutate forfaitariamente (tutto il resto come per schema base)
 - L'analisi non lineare ha mostrato che il limite SLD si raggiunge per $a_g = 0.063 \text{ g}$
 - Ha mostrato inoltre che il limite SLV si raggiunge per $a_g = 0.102 \text{ g}$

Considerazioni finali

anche se relative solo al caso esaminato

- Cambiando la distribuzione di forze
 - Il risultato è cambiato in misura minima
- Cambiando la correlazione spostamento–accelerazione
 - Il metodo di Freeman fornisce valori maggiori per SLV (ma non è quello indicato dalle NTC)
- Cambiando formule per rotazione alla corda
 - La formulazione analitica fornisce valori molto inferiori (per valori di N medi o alti)
 - Ritengo opportuno usare un modello a fibre come RC_NL
- Cambiando la rigidezza delle aste
 - L'accelerazione che porta al limite SLD si abbassa
 - Probabilmente anche quella per SLV

Considerazioni finali

anche se relative solo al caso esaminato

- Cambiando la distribuzione di forze
 - Poco rilevante
- Cambiando la correlazione spostamento–accelerazione
 - Da approfondire, ma nei limiti della normativa
- Cambiando formule per rotazione alla corda
 - Opportuno utilizzare un modello a fibre come RC_NL, mantenendo le formule P&F come limite per valori bassi di N
- Cambiando la rigidezza delle aste
 - Opportuno tener conto della fessurazione e dei tratti rigidi, usando anche sommariamente modelli a fibre come riferimento (eventualmente fare la media tra approccio tradizionale e approccio con rigidezza fessurata)