



Microzonazione sismica del Comune di Parma: aggiornamenti, applicazioni e indirizzi normativi nel nuovo PSC

Parma, 4 dicembre 2018

**Le nuove NTA allegate al PSC in materia di riduzione del
rischio sismico e relative applicazioni ingegneristiche**

- Parte I -

Alice Bonati, Cecilia Damoni, Marcello Bianchini Frassinelli

Comune di Parma, S.O. Sismica-Energetica

Indice

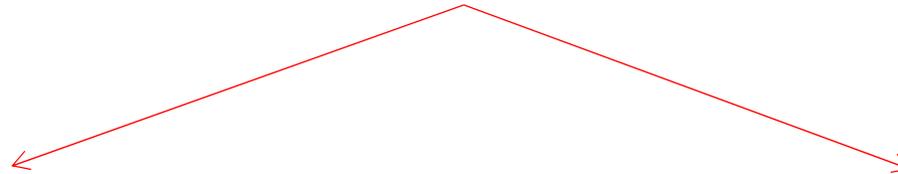
- Introduzione
- Le Norme Tecniche di Attuazione del PSC 2030
- Le norme per la riduzione del rischio sismico
- Applicazione delle nuove Norme
- Conclusioni e prospettive future

Introduzione

Microzonazione sismica



Pianificazione territoriale



Definisce le aree a minore pericolosità, fornendo indicazioni su **DOVE** indirizzare le scelte insediative

Fornisce indicazioni per interventi di **riduzione del rischio sismico**, disponendo criteri per la riduzione della vulnerabilità delle costruzioni



Indicazioni sulla Progettazione strutturale

Introduzione

Microzonazione sismica del Comune di Parma



2016/2017: **Studio di MS II livello e analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE)** con fondi O.C.D.P.C.171/2014 + d.G.R.

1227/2015: € 32.212,20 + 25% cofinanziamento del Comune di Parma per un totale di € 42.949,60



Certificato dalla Commissione Tecnica Nazionale e RER



2017/2018: **Studio di MS III livello** con fondi O.C.D.P.C. 344/2016 +

Det. SGSS 8757/2017: € 32.250,00 + 25% cofinanziamento del Comune di Parma per un totale di € 43.000,00



in fase di certificazione da parte della
Commissione Tecnica Nazionale e RER

Le Norme Tecniche di Attuazione del PSC 2030

Comune di Parma
PIANIFICAZIONE DEL TERRITORIO
www.comune.parma.it

Struttura Settore Competenze

Home Page

> Home Page

Pianificazione del territorio

Aggiornamento del sito: Arch. Tiziano Di Bernardo

La cartografia presente sul sito non ha valore giuridico, per tali fini è necessario ritirare la copia cartacea presso il Servizio Archivio Edilizio Urbanistico del Comune di Parma.



News

ADOZIONE DELLA VARIANTE GENERALE AL PIANO STRUTTURALE COMUNALE (PSC)
Deliberazione di Consiglio Comunale n. 13 del 14 febbraio 2017

APPROVAZIONE CONTRODEDUZIONI A OSSERVAZIONI E RISERVE DELLA VARIANTE GENERALE AL PSC
Deliberazione di Consiglio Comunale n. 64 del 23 luglio 2018

DEPOSITO VARIANTE AL PIANO URBANISTICO ATTUATIVO RELATIVO ALLA SCHEDA NORMA AF2 - VICOFERTILE SUD
Deposito dal 06.11.2018 al 05.01.2019

Strumenti della pianificazione urbanistica

PUA Iniziativa Pubblica

PUA Iniziativa Privata

Accordi di Programma

ERP - Edilizia residenziale convenzionata

Delibere Assessorato Urbanistica

www.pianificazioneterritoriale.comune.parma.it > **Strumenti della Pianificazione Urbanistica** >

Microzonazione sismica

- ➔ Adozione della variante generale al Piano Strutturale Comunale (PSC): d.C.C. n. 13 del 14 febbraio 2017
- ➔ Approvazione controdeduzioni a osservazioni e riserve: d.C.C. n. 64 del 23 luglio 2018
- ➔ Approvazione della variante in corso

Le Norme Tecniche di Attuazione del PSC 2030



NTA: Art. 6.2 Protezione dal Rischio sismico

1. Il **PSC concorre alla riduzione del rischio sismico** attraverso analisi di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione urbanistica, indirizzando le scelte localizzative e progettuali, i processi di trasformazione urbana e perseguendo la realizzazione delle opere secondo criteri di prevenzione e mitigazione del rischio che tengano adeguatamente conto delle condizioni di pericolosità sismica locale.

2. Il **PSC individua le caratteristiche di pericolosità sismica del territorio comunale**, definendo all'interno degli studi di Microzonazione Sismica (Elaborati SIS) la valutazione della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nel territorio, addivenendo ad una suddivisione in microzone omogenee in prospettiva sismica.

3. Lo studio di Microzonazione Sismica di III livello contiene un documento denominato “Norme per la riduzione del rischio sismico” che stabilisce disposizioni pianificatorie e progettuali alle quali si rimanda per gli aspetti di dettaglio.

4. Il PSC contiene inoltre gli elaborati di Analisi della Condizione Limite per l’Emergenza definendo nel documento denominato “Norme per la riduzione del rischio sismico” specifiche disposizioni.

5. Il POC e i relativi strumenti attuativi (PUA) verificano i contenuti delle analisi condotte conformemente a quanto indicato all'interno degli studi di Microzonazione Sismica di II e III livello, prestando particolare attenzione agli effetti locali attesi.

Le norme per la riduzione del rischio sismico

PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile

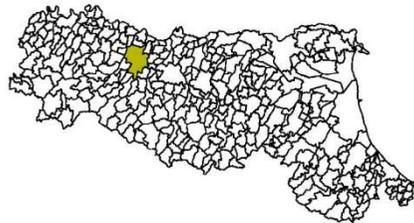
Regione Emilia-Romagna

CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

**MICROZONAZIONE SISMICA
ANALISI DELLA
CONDIZIONE LIMITE PER L'EMERGENZA (CLE)
Norme per la riduzione del rischio sismico**

Regione Emilia-Romagna
Comune di Parma



Regione	Soggetto realizzatore	Data
Emilia-Romagna	 Direzione tecnica Dott. Geol. Carlo Caleffi Dott. Geol. Francesco Cerutti	Giugno 2018
	 Comune di Parma Settore Lavori Pubblici e Patrimonio S.O. Sismica-Energetica S.O. Protezione Civile S.P. e Sicurezza	



La d.G.R. 1373/2011 precisa i contenuti dell'Illustrazione sintetica del progetto strutturale, tra i quali sono previste le prescrizioni sismiche contenute negli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica

La conformità a tali prescrizioni è ASSEVERATA dal Progettista Strutturale nella modulistica MUR

A1/D1 – MUR A3/D3



Oggetto di istruttoria in caso di controllo del progetto ai sensi della l.r. 19/2008

Le norme per la riduzione del rischio sismico

Elaborati di riferimento

Microzonazione sismica di I e II livello (su tutto il territorio comunale)

- Relazione Illustrativa
 - Carta delle indagini
 - Carta geologico-tecnica
 - Carta delle frequenze naturali dei terreni
 - Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)
 - Carta delle Velocità delle onde di taglio (V_s)
 - Carta dei Fattori di amplificazione di PGA
 - Carta dei Fattori di amplificazione di intensità spettrale ($SI_1 - SI_2 - SI_3$)
- } ABACHI
RER

Le norme per la riduzione del rischio sismico

Elaborati di riferimento

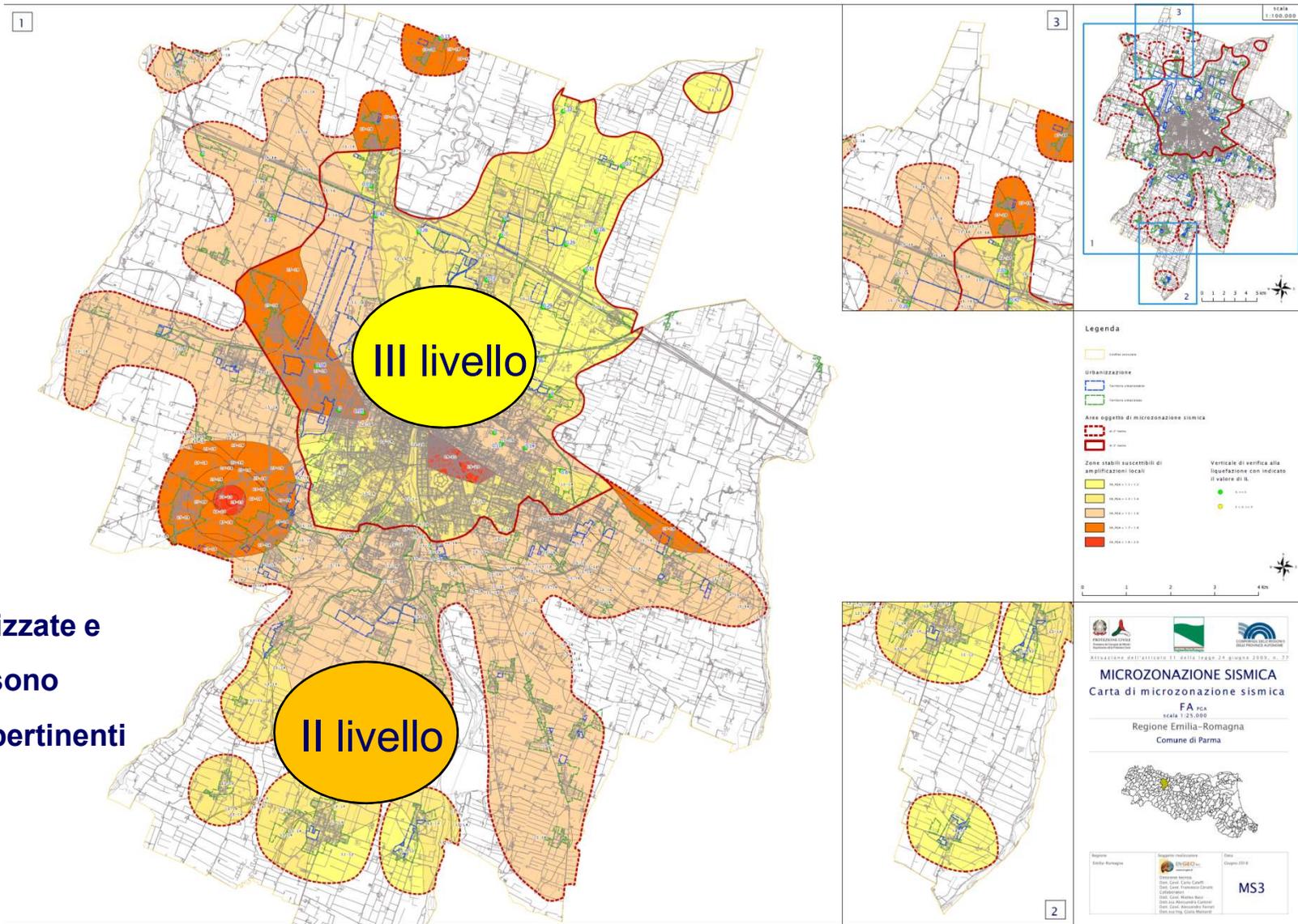
Microzonazione sismica di III livello (in una porzione del territorio comunale)

- Relazione Illustrativa
 - *Carta delle indagini* > AGGIORNAMENTO
 - Carta geologico-tecnica > da II livello
 - *Carta delle frequenza naturali dei terreni* > AGGIORNAMENTO
 - *Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica* > AGGIORNAMENTO
 - *Carta delle Velocità delle onde di taglio (V_s)* > AGGIORNAMENTO
 - Carta dei Fattori di amplificazione di PGA AGGIORNAMENTO
 - Carta dei Fattori di amplificazione di intensità spettrale ($SI_1 - SI_2 - SI_3$)
- } ABACHI
RER +
RSL

Le norme per la riduzione del rischio sismico

FA_{PGA}

ATTENZIONE!
 Le aree urbanizzate e urbanizzabili sono definite dalle pertinenti tavole di PSC!



Le norme per la riduzione del rischio sismico

Elaborati di riferimento

Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza

- Relazione Illustrativa
- *Carta della CLE*
- Carta di sovrapposizione CLE - FASI₁

Le norme per la riduzione del rischio sismico

Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza

Esempio dettaglio

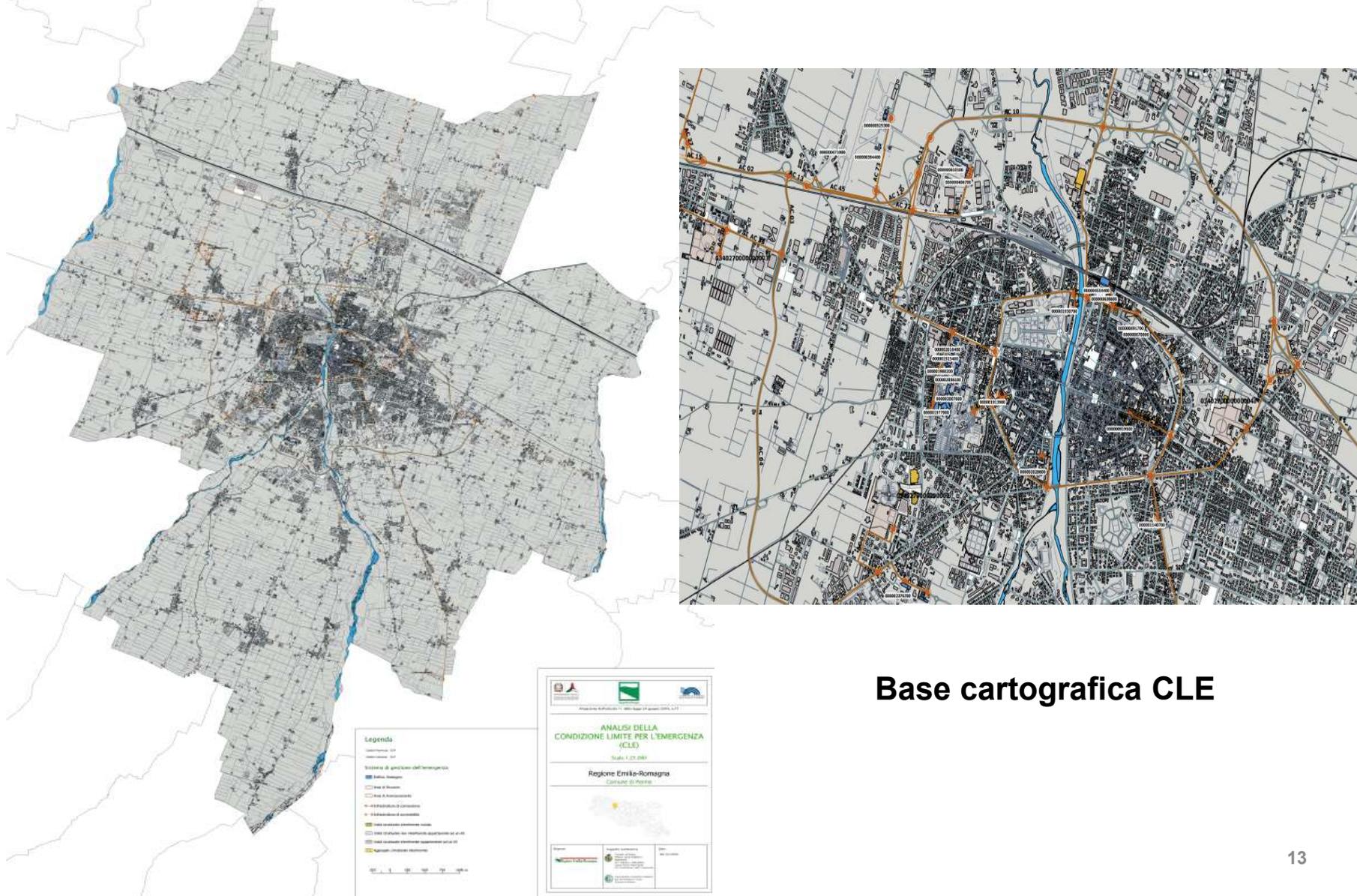


“Si definisce come **Condizione Limite per l'Emergenza (CLE)** dell'insediamento urbano quella condizione al cui superamento, a seguito del manifestarsi dell'evento sismico, pur in concomitanza con il verificarsi di danni fisici e funzionali tali da condurre l'interruzione della quasi totalità delle funzioni urbane presenti, compresa la residenza, l'insediamento urbano conserva comunque, nel suo complesso, l'operatività della maggior parte delle funzioni strategiche per l'emergenza, la loro accessibilità e connessione con il contesto territoriale”



Le norme per la riduzione del rischio sismico

Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza



Base cartografica CLE

Le norme per la riduzione del rischio sismico

Disposizioni ai fini pianificatori – Art. 2

Le cartografie distinguono all'interno del territorio comunale urbanizzato e urbanizzabile differenti aree sulla base degli effetti locali attesi in caso di evento sismico, individuando zone stabili suscettibili di amplificazione sismica.

- **L'individuazione di siti ove realizzare edifici di interesse strategico e opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile, nonché edifici e opere strutturali rilevanti in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso richiede III livello di approfondimento, ove non sia già stato realizzato;**

Le norme per la riduzione del rischio sismico

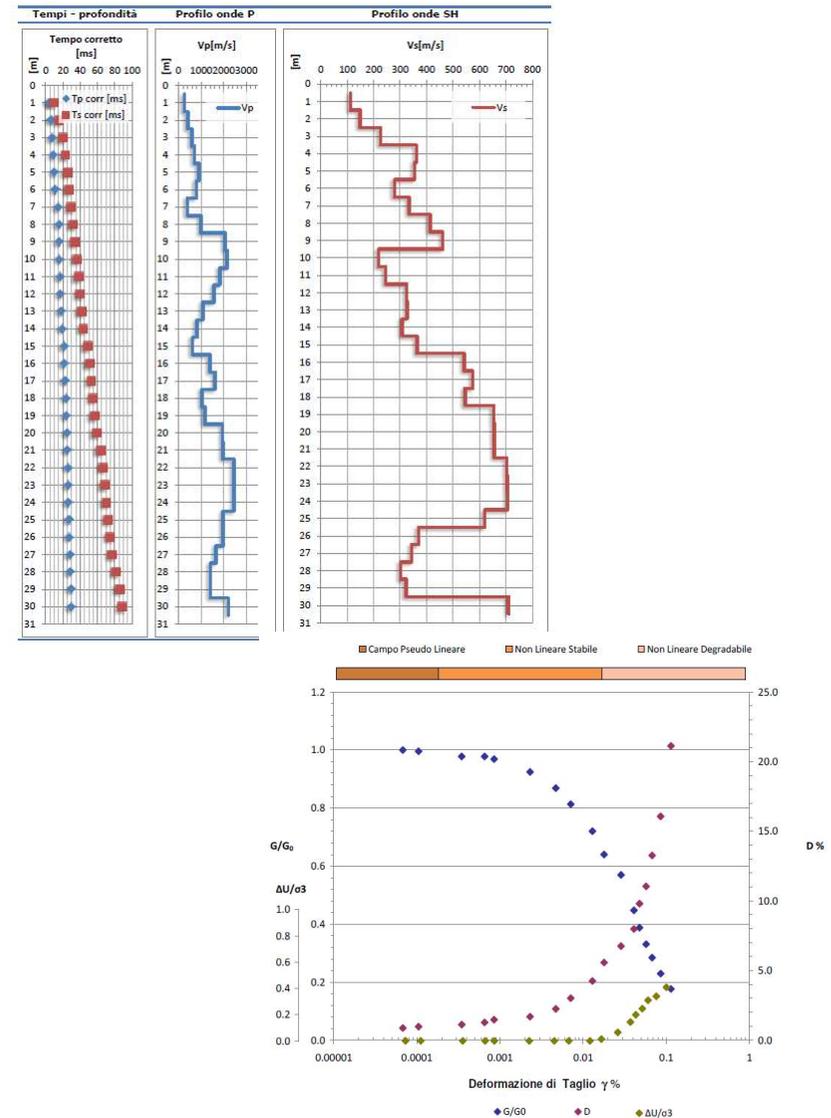
Disposizioni ai fini pianificatori – Art. 2

- I dati e le elaborazioni di risposta sismica locale effettuati nell'ambito dello studio di microzonazione sismica possono essere utilizzati, per i siti oggetto di nuovo insediamento, giustificando l'adeguatezza dei dati sulla base di informazioni sismo-stratigrafiche.
 - I **POC e i PUA** potranno variare i perimetri e i parametri delle Carte di pericolosità della microzonazione sismica solamente a seguito di **approfondimenti di analogo livello** condotti secondo i criteri e gli indirizzi regionali vigenti;
 - Per gli **ambiti di trasformazione urbanistica individuati all'esterno** delle aree oggetto di studio della microzonazione sismica sono richiesti **approfondimenti condotti secondo i criteri e gli indirizzi regionali vigenti.**
-

Le norme per la riduzione del rischio sismico

Disposizioni ai fini pianificatori – Art. 2

- Sia nello sviluppo delle analisi di terzo livello con fini pianificatori che negli studi di risposta sismica locale con fini progettuali, è fortemente raccomandato che i valori della velocità delle onde di taglio (V_s) siano determinati con metodi diretti.
- E' consigliata, inoltre, la determinazione mediante analisi di laboratorio delle curve di variazione del rapporto di smorzamento (D) e del decadimento del modulo di taglio normalizzato (rigidezza, G/G_0) in funzione della deformazione di taglio.



Le norme per la riduzione del rischio sismico

Disposizioni ai fini progettuali – Art. 3

Le “disposizioni particolari ai fini progettuali” integrano quanto previsto dalle Norme Tecniche per le costruzioni, che si intendono integralmente richiamate per quanto non previsto nel presente capitolo.

- Nelle aree costituite da **terreni di riporto o di natura antropica** caratterizzati da **spessori maggiori o uguali a 3 m**, gli interventi previsti devono valutare i risultati della **risposta sismica locale** e la stima dei potenziali **cedimenti**;
- In relazione al periodo fondamentale di vibrazione delle strutture, al fine di **evitare il fenomeno della doppia risonanza** e contenere gli effetti del sisma, gli strumenti attuativi e/o titoli abilitativi diretti, devono garantire che gli interventi edilizi realizzino la **minore interferenza tra periodo di vibrazione del terreno e il periodo di vibrazione delle strutture**. Indicazioni sulle frequenze fondamentali del terreno sono riportate nella Carte delle frequenze;

Le norme per la riduzione del rischio sismico

Disposizioni ai fini progettuali – Art. 3

- Nelle Carte di microzonazione sismica sono rappresentati i fattori di amplificazione del moto sismico attesi, anche in termini di Intensità di Housner, per i periodi compresi tra 0,1-0,5 s, 0,5-1,0 s e tra 0,5-1,5 s. Ne consegue che **per la progettazione di interventi che prevedano opere con periodo fondamentale di vibrazione superiore a 1,5 s sono da sviluppare specifici studi di risposta sismica locale.**
- In merito alla verifica di **stabilità nei confronti della liquefazione** dei siti oggetto di intervento, restano ferme le disposizioni delle **vigenti Norme tecniche per le costruzioni indipendentemente dalla zona in cui ricade il sito** oggetto di intervento.
Qualora non ricorrano le condizioni di esclusione della verifica di liquefazione previste dalle vigenti Norme tecniche per le costruzioni, occorrerà **valutare l'indice del potenziale di liquefazione (I_L)** adottando, preferibilmente, i **metodi previsti dagli indirizzi regionali** per gli studi di Microzonazione sismica **prediligendo l'effettuazione di prove penetrometriche statiche con punta elettrica (CPTU/SCPTU).**

La MS è effettuata su scala territoriale, pertanto è possibile che le nuove indagini in sito conducano a conclusioni differenti! Gli scostamenti dalle previsioni di MS devono essere giustificate mediante indagini e analisi ad hoc.

Le norme per la riduzione del rischio sismico

Disposizioni ai fini progettuali – Art. 3

- La progettazione esecutiva di **nuove costruzioni e di interventi di adeguamento e miglioramento di opere esistenti, ricadenti in classi d'uso III e IV**, così come definiti dalle vigenti Norme tecniche per le costruzioni, deve essere effettuata sulla base di **analisi di risposta sismica locale**;
- **Per le opere ricadenti in classi d'uso I e II** così come definite dalle vigenti Norme tecniche per le costruzioni, si raccomanda che, in fase progettuale, **si tenga conto delle indicazioni di pericolosità fornite dalle Carte di Microzonazione sismica**. Nello specifico, l'adozione del metodo semplificato per la stima dell'amplificazione stratigrafica (approccio basato sulle categorie di sottosuolo ai sensi delle vigenti Norme tecniche per le costruzioni) dovrà essere adeguatamente giustificato mediante esplicito confronto tra i fattori di amplificazione indicati nelle carte di microzonazione (nei diversi intervalli di frequenza) ed i risultati della stima dello spettro di risposta semplificata derivante dall'applicazione dei coefficienti S_S , S_T e C_C previsti dal citato approccio, per le frequenze di interesse

Il confronto è già presente nei punti di indagine, oggetto dello studio di III livello

Le norme per la riduzione del rischio sismico

Disposizioni ai fini progettuali – Art. 3

- Per le opere non rientranti nel perimetro delle aree di studio di microzonazione sismica (zone bianche), restano ferme le disposizioni previste dalle vigenti Norme tecniche per le costruzioni in merito alla scelta del più idoneo metodo di stima degli effetti locali attesi.

Le disposizioni di cui al presente Art. 3 trovano applicazione per i procedimenti avviati dopo il termine di un anno dall'approvazione del PSC.

I suddetti procedimenti sono così dettagliati: per le opere private, la presentazione dei progetti esecutivi delle strutture presso gli Uffici competenti; nell'ambito dell'applicazione del decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50, per le opere pubbliche o di pubblica utilità, l'affidamento degli incarichi di progettazione definitiva e/o esecutiva.

Applicazione delle nuove Norme

Esempio P.1 – Realizzazione di un nuovo edificio a struttura prefabbricata in c.a., pluripiano da realizzare in via Puccini, adibito a Uffici – classe d'uso II



Verifica delle carte di MS:

- MOPS
- Indagini
- Frequenze
- V_s - Profondità substrato/primo contrasto significativo di impedenza
- Fattori di amplificazione
- Confronto tra i due metodi

Tale inquadramento deve essere riportato nella relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base del sito oggetto di intervento

Esempi applicativi

MOPS



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

- 2001** Zona 1: Terreni granulari ghiaiosi grossolani con coperture poltessiturali di spessore variabile da 0 a 3 m
- 2002** Zona 2: Terreni granulari ghiaiosi grossolani con copertura coesiva limo-argillosa di spessore variabile da 3 a 10 m
- 2003** Zona 3: Terreni granulari ghiaiosi grossolani con coperture poltessiturali di spessore variabile da 3 a 10 m
- 2004** Zona 4: Terreni prevalentemente coesivi con strati granulari fini di spessore complessivo variabile da 10 a 20 m su livelli ghiaiosi profondi
- 2005** Zona 5: Terreni coesivo-granulari limo-sabbiosi di spessore inferiore a 5 m su livelli prevalentemente coesivi di spessore variabile da 10 a 20 m a loro volta su livelli ghiaiosi profondi
- 2006** Zona 6: Terreni coesivi limoso-argillosi con torbe entro i primi 20-30 m su livelli ghiaiosi profondi
- 2007** Zona 7: Terreni granulari ghiaiosi superficiali sopra livelli coesivi argillosi a loro volta su livelli ghiaiosi profondi

Punti di misura di rumore ambientale



Punto di misura di rumore sismico con indicazione del valore di F0

Zona 2004: terreni prevalentemente coesivi con strati granulari fini di spessore complessivo variabile da 10 a 20 m su livelli ghiaiosi profondi

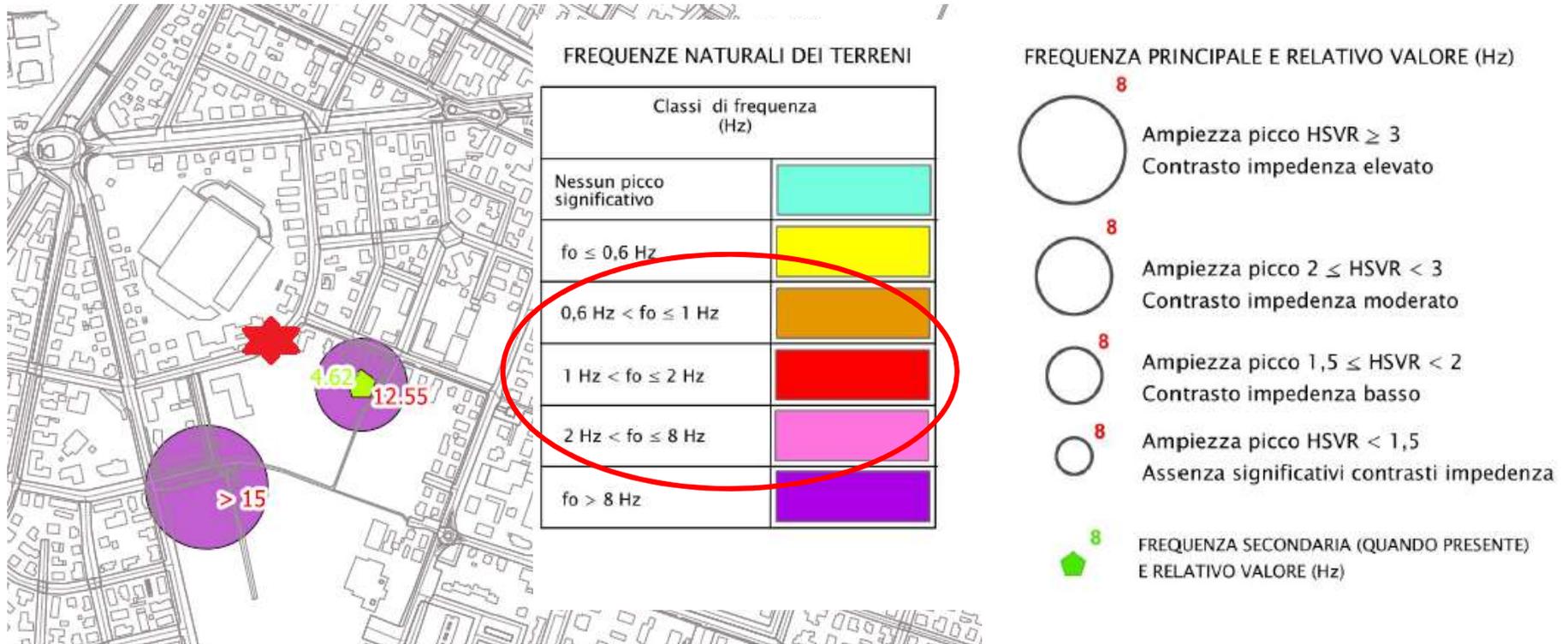
Esempi applicativi

Carta delle Indagini



Esempi applicativi

Frequenze del terreno



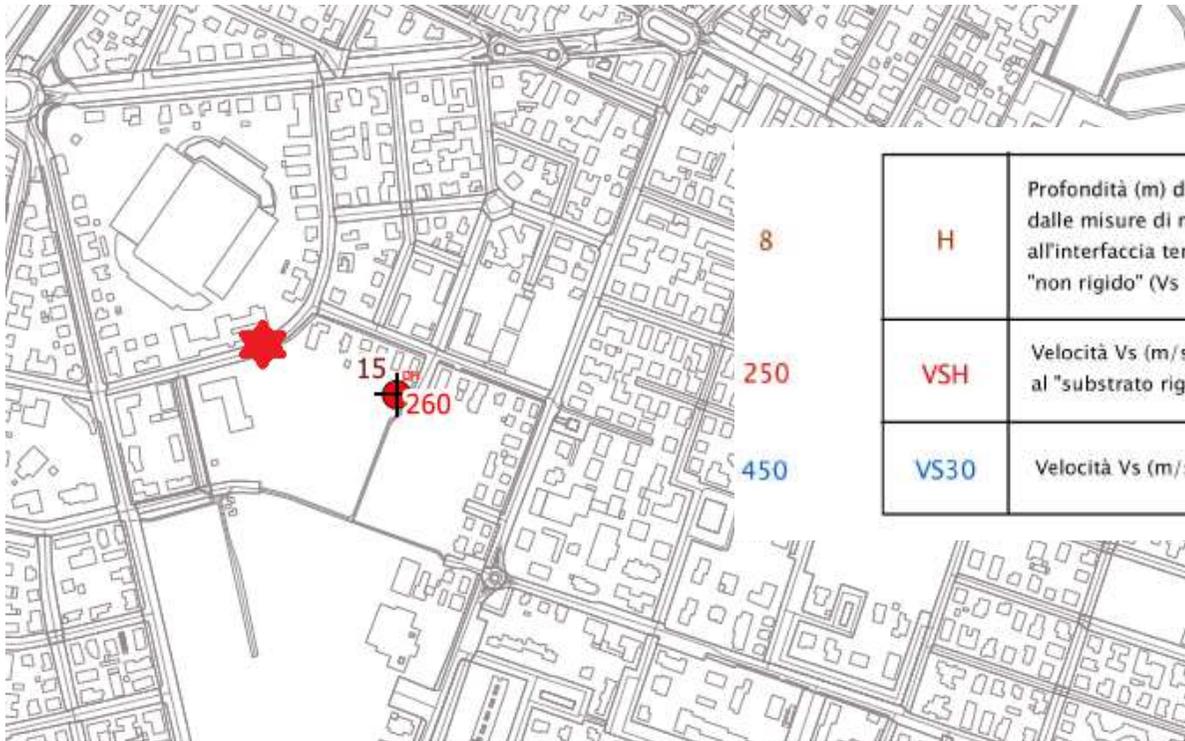
Frequenze proprie pari a 12.55 Hz e > 15 Hz (0.067 s e 0.079 s) con rilevanti contrasti di impedenza $H/V \geq 2$

$$I = \frac{\rho_r \cdot V_{Sr}}{\rho_s \cdot V_{Ss}}$$

Da confrontare con frequenza dell'edificio

Esempi applicativi

Velocità delle onde di taglio

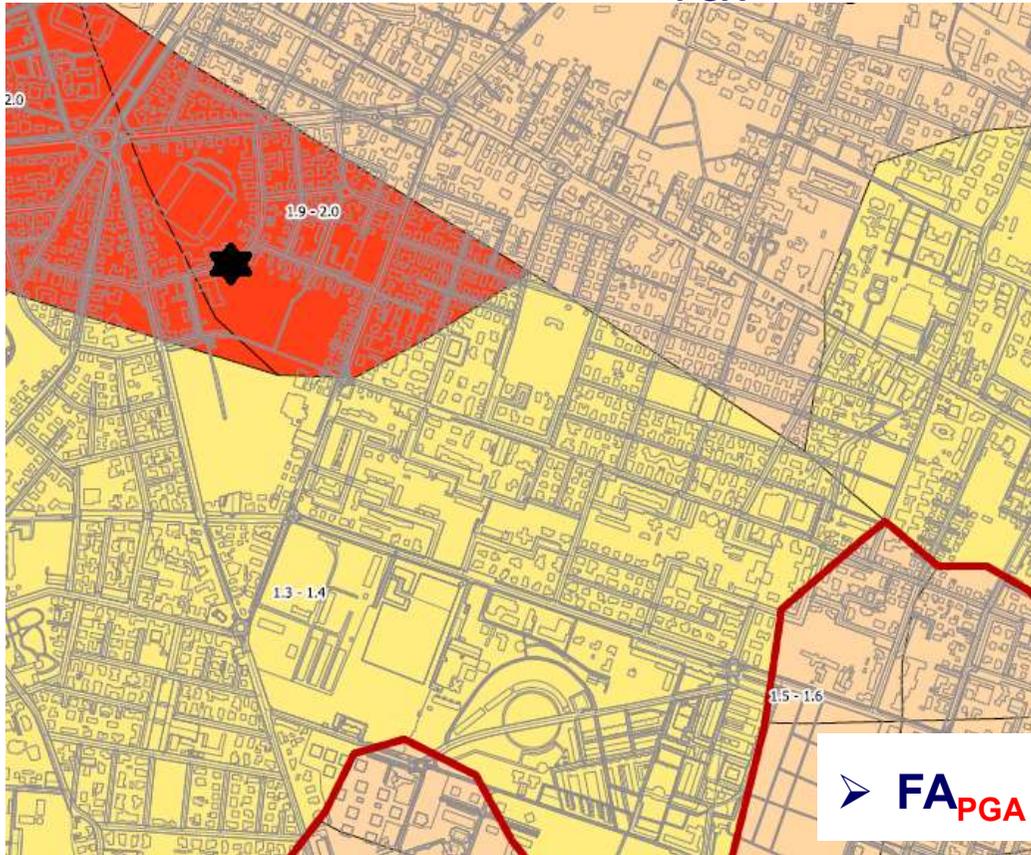


H	Profondità (m) da p.c. del contrasto di velocità più significativo individuato dalle misure di microtremore ambientale HVSR e riconducibile all'interfaccia terreni di "copertura" / "substrato rigido" ($V_s \geq 800$ m/s) o "non rigido" ($V_s < 800$ m/s) sottostante.
VSH	Velocità V_s (m/s) delle onde di taglio S dei terreni di "copertura" sovrastanti al "substrato rigido" ($V_s \geq 800$ m/s) o "non rigido" ($V_s < 800$ m/s).
VS30	Velocità V_s (m/s) delle onde di taglio S nei primi 30 m di terreno

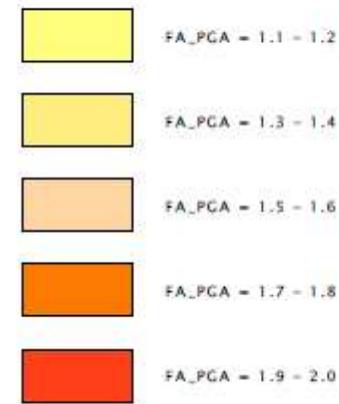
- **Profondità da p.c. del primo contrasto di velocità, riconducibile all'interfaccia copertura/substrato non rigido: 15 m**
- **$V_s, h = 260$ m/s**

Esempi applicativi

Fattori di amplificazione - FA_{PGA}



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



➤ FA_{PGA} è l'unico FA confrontabile con S_s !

$1.00 < S_s \text{ (cat C)} < 1.50!$

➤ Area sottoposta a MS III liv

➤ FA_{PGA} 1.9- 2.0: Valori del parametro FA compresi nell'intervallo $1.85 \div 2.05$

Esempi applicativi

FA_{IS} NON è confrontabile con Ss!

**IS = Intensità spettrale o
Intensità di Housner**

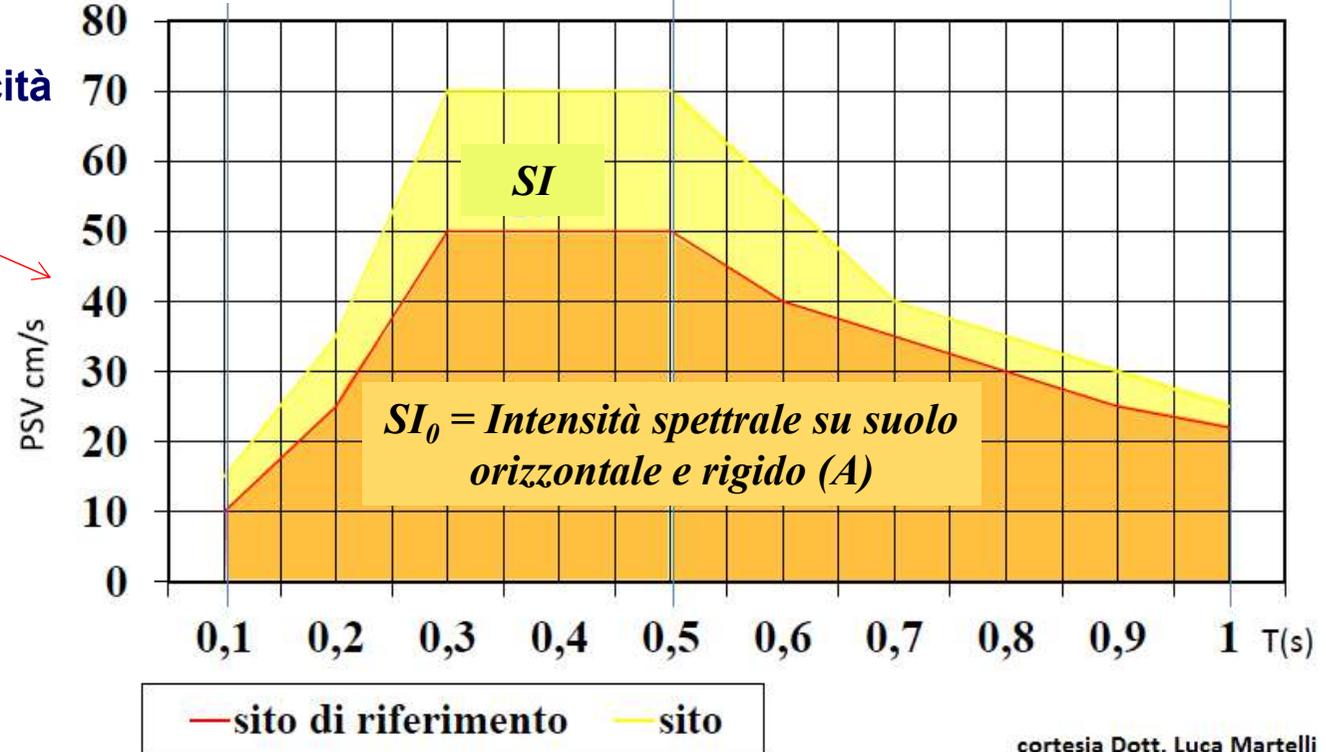
$$IS = \int_{T_1}^{T_2} PSV_{(\xi=5\%)} dT$$

$$FA_{IS} = \frac{\int_{T_1}^{T_2} PSV_{output}(T, \xi) dT}{\int_{T_1}^{T_2} PSV_{input}(T, \xi) dT}$$

$$FA_{IS\ 0.1-0.5s} = SI/SI_0 \text{ tra } 0,1s \text{ e } 0,5s \quad FA_{IS\ 0.51-1s} = SI/SI_0 \text{ tra } 0,5s \text{ e } 1s$$

**Pseudovelocità
spettrali**

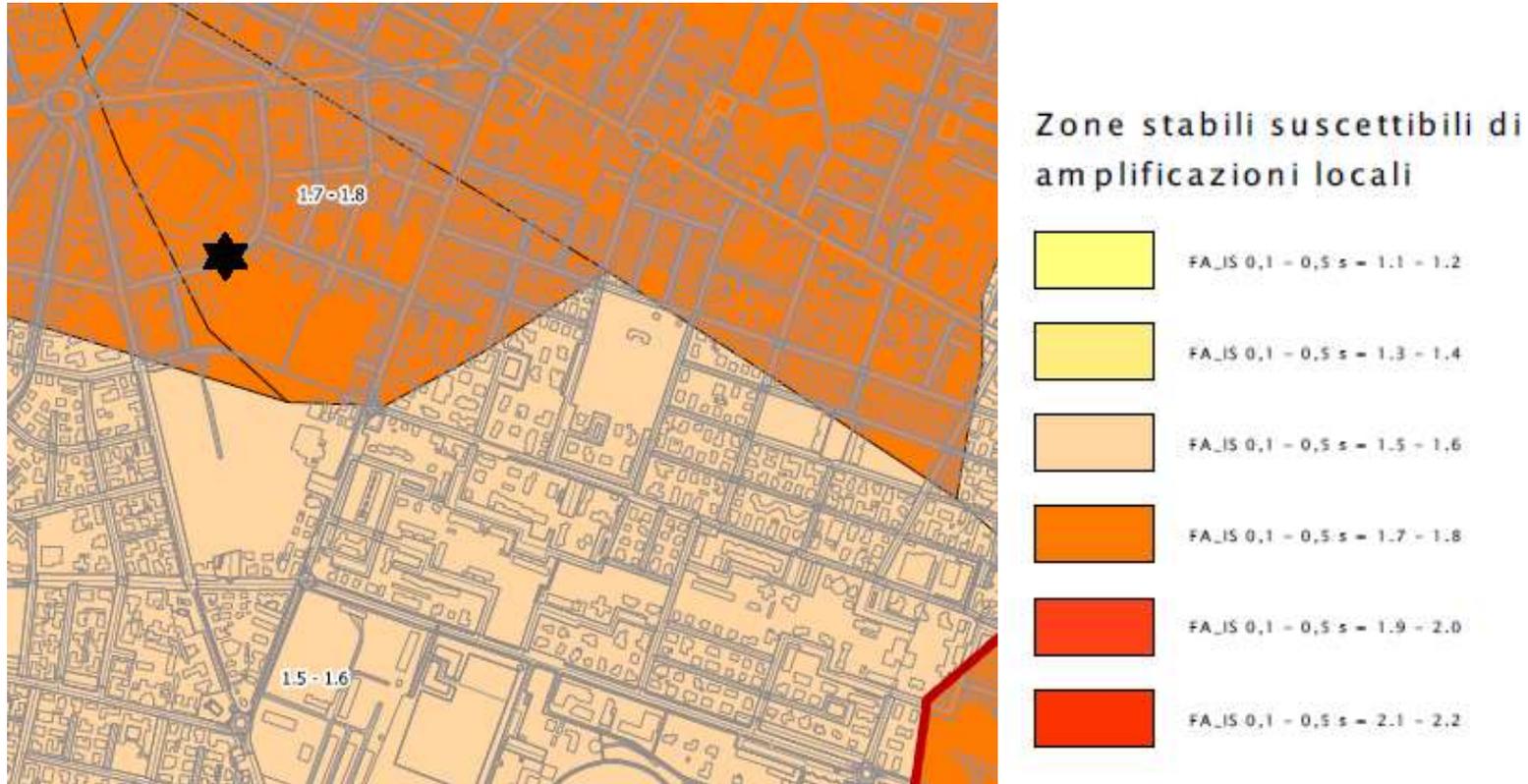
Intensità spettrale o di Housner: parametro indicativo della severità del moto sismico, correlata alle massime sollecitazioni indotte nelle strutture e quindi al danno potenziale atteso per effetto del terremoto in esame.



cortesia Dott. Luca Martelli

Esempi applicativi

Fattori di amplificazione – $FA_{IS\ 0.1-0.5\ s}$

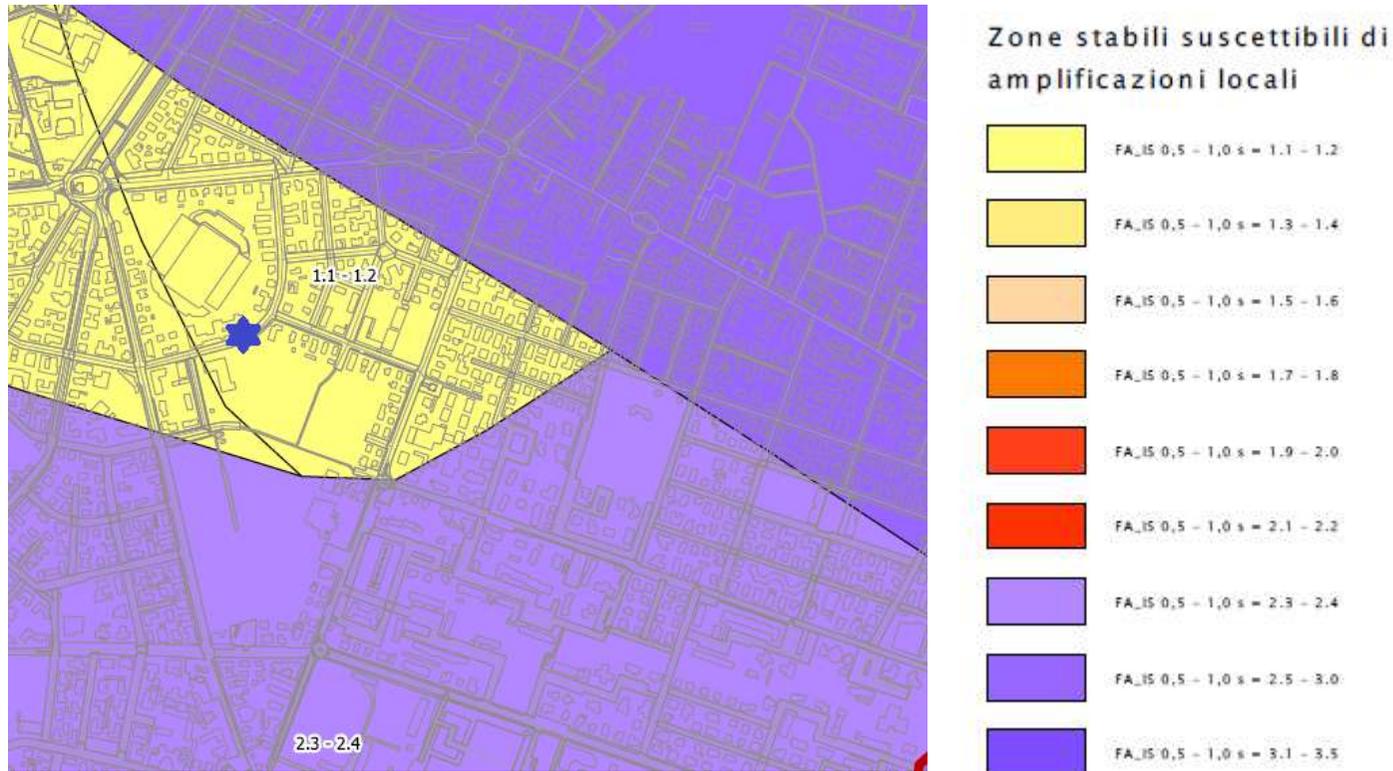


FA_{IS} NON è confrontabile con S_s !

➤ $FA_{IS\ 0.1-0.5\ s}$ 1,7- 1.8: Valori del parametro FA compresi nell'intervallo 1.65÷1,84

Esempi applicativi

Fattori di amplificazione – $FA_{IS\ 0.5-1.0\ s}$



FA_{IS} NON è confrontabile con S_s !

➤ **$FA_{IS\ 0.5-1.0\ s}$ 1.1- 1.2: Valori del parametro FA compresi nell'intervallo 1.05÷1.24**

Esempi applicativi

Fattori di amplificazione – $FA_{IS\ 0.5-1.5\ s}$



FA_{IS} NON è confrontabile con S_s !

➤ $FA_{IS\ 0.5-1.0\ s}$ 1.1- 1.2: Valori del parametro FA compresi nell'intervallo 1.05÷1.24

Esempi applicativi

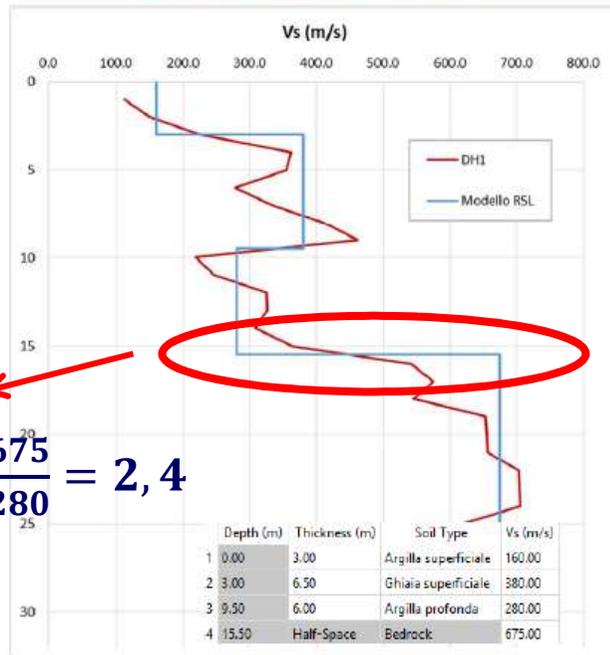
Relazione illustrativa

3.6.6 RSL per il sito 034027P965

I parametri del modello geofisico adottato sono i seguenti:

Litologia	Spess.	Prof.	γ (kN/m^3)	V_s (m/s)	Parametri G/G0		Parametri D	
	(m)	(m)			α	β	η	λ
Argilla superficiale	3.00	0.00	18.00	160.00	42.56	1.08	38.82	3.44
Ghiaia superficiale	6.50	3.00	19.50	380.00	21.55	0.8	14.7	3.08
Argilla profonda	6.00	9.50	21.00	280.00	36.50	1.33	24.87	2.03
Bedrock		15.50		675.00				

Tab. 17 - 034027P965 - Modello geofisico



$$\frac{V_{si}}{V_{si+1}} = \frac{675}{280} = 2,4$$

Fig. 48 - 034027P965 - Discretizzazione della Vs e modello geofisico del codice di calcolo

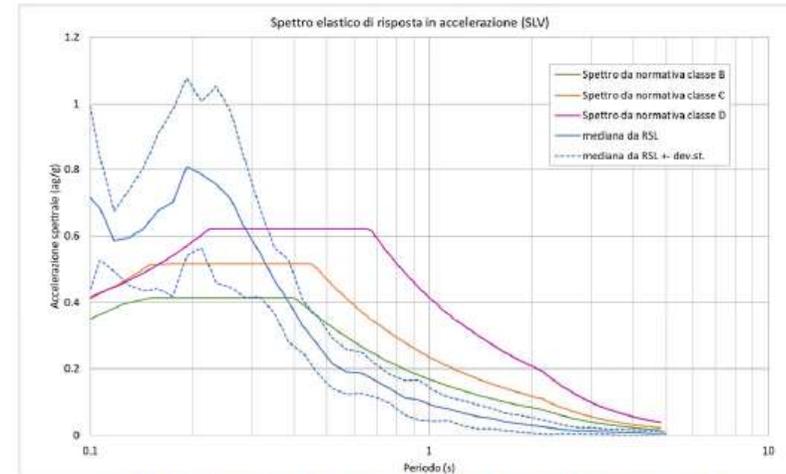


Fig. 49 - 034027P965- Confronto tra gli spettri elastici in accelerazione

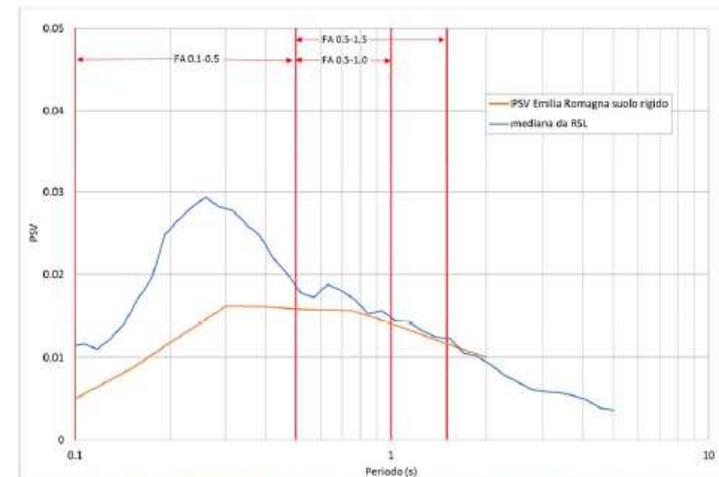


Fig. 50 - 034027P965 - Confronto tra gli spettri elastici in velocità

Esempi applicativi

Alcune osservazioni in merito alla scelta del metodo semplificato

3.2.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Categorie di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_S per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.

I valori di V_S sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

Le Norme introducono come prima opzione l'analisi di Risposta Sismica Locale

Esempi applicativi

Alcune osservazioni in merito alla scelta del metodo semplificato

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo* NTC2008

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un <u>graduale</u> miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un <u>graduale</u> miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un <u>graduale</u> miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_c > 800$ m/s).

Eliminato l'aggettivo «graduale», ignorando il criterio del contrasto di impedenza



In precedenza, la presenza di contrasti di impedenza nei primi 30 m veniva gestita mediante idonee analisi RSL oppure rimandando alla cat. E

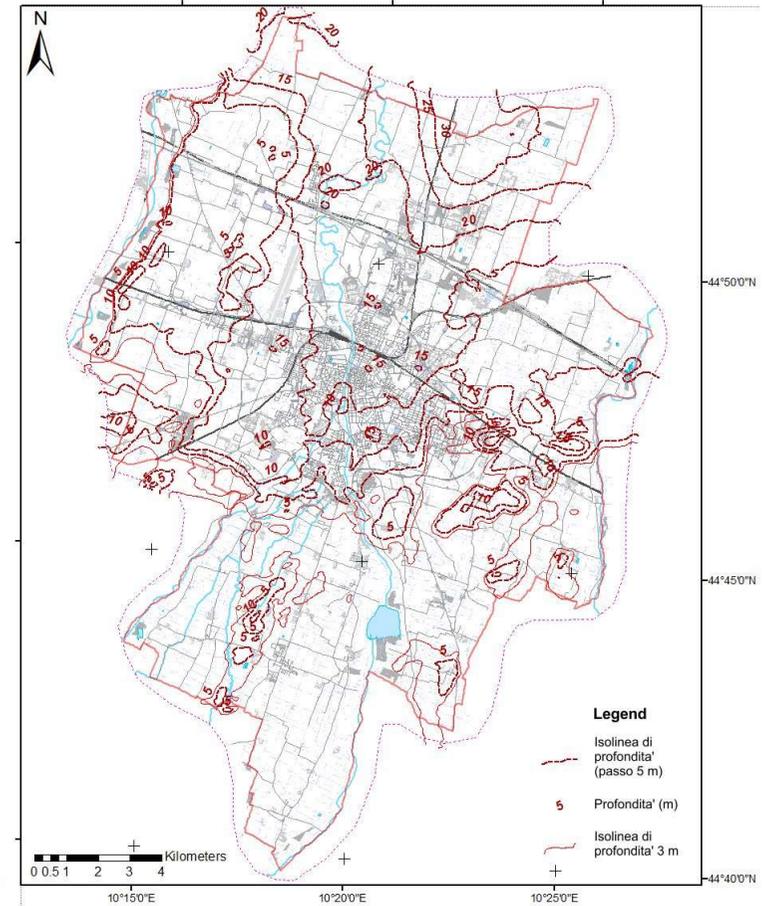
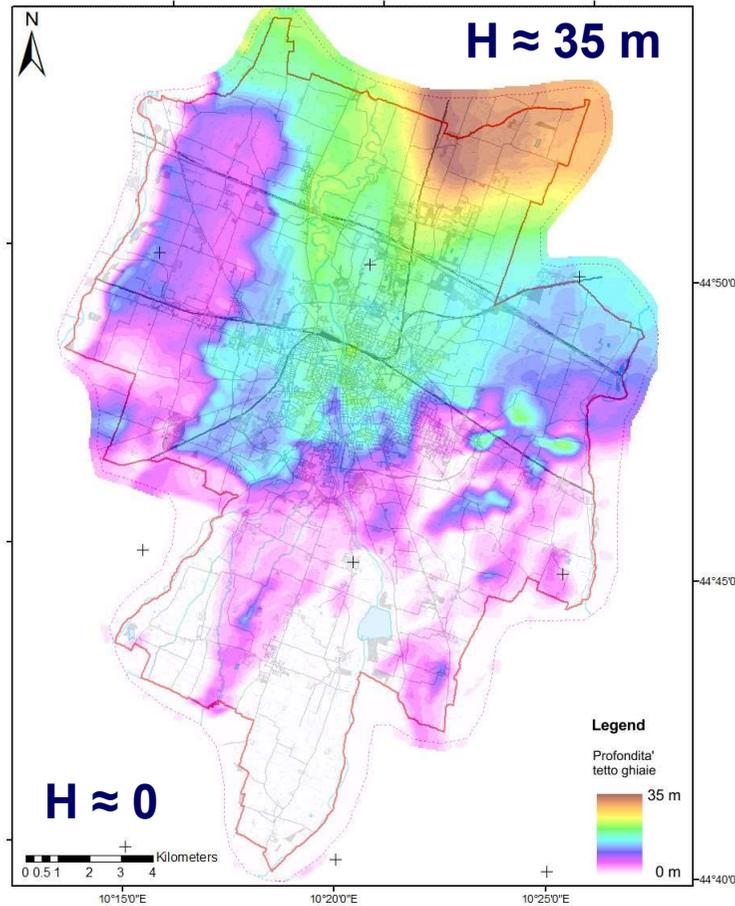
Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.* NTC2018

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Esempi applicativi

Tetto delle ghiaie (diacrone, ossia livelli ghiaiosi che appartengono a unità geologiche distinte ma che possono creare **primo forte contrasto di velocità** all'interno dei depositi).

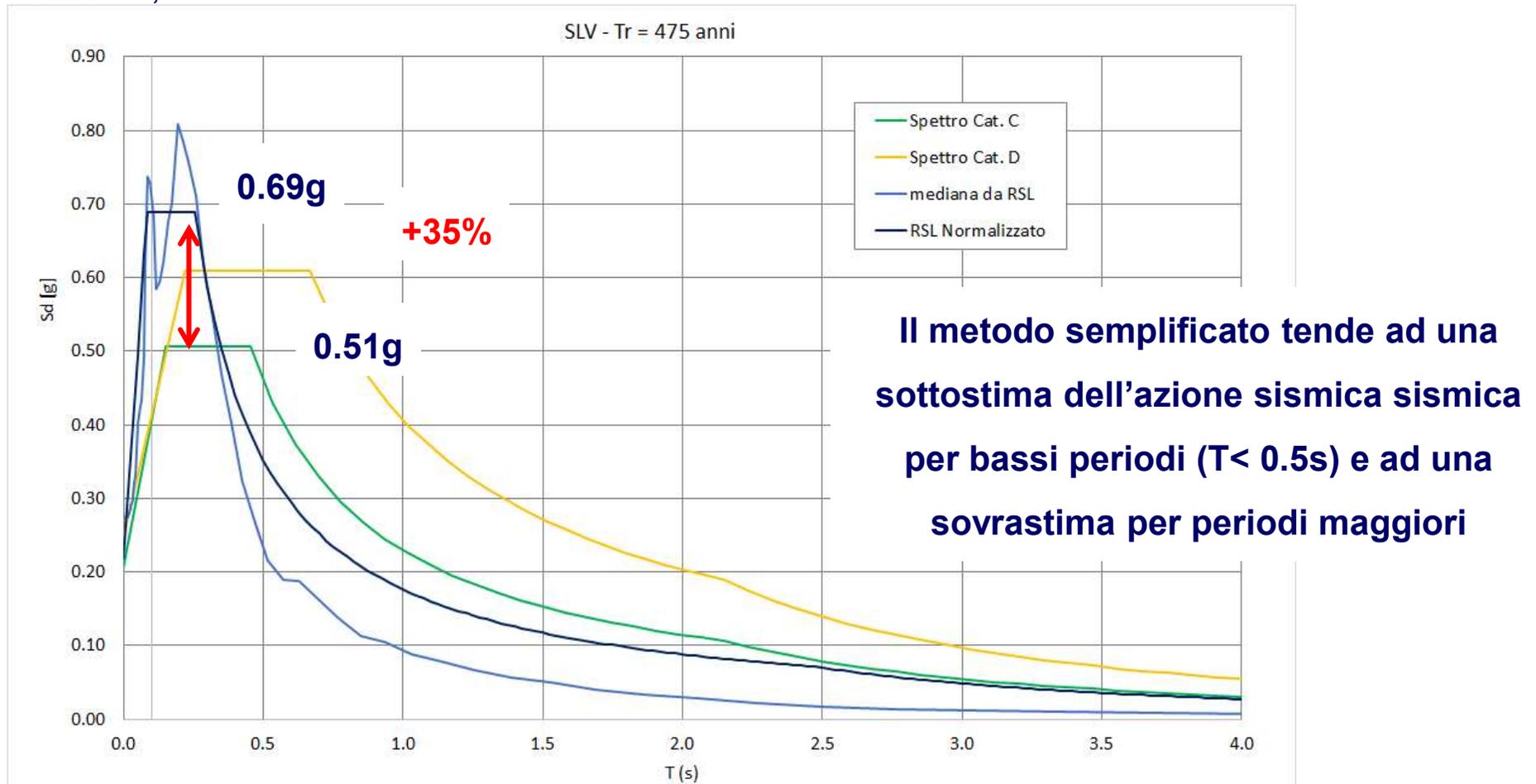
Il contrasto d'impedenza sismica è valutato in un rapporto $V_1:V_2$ di 2:1 rappresentando, di fatto, il **substrato sismico**



Esempi applicativi

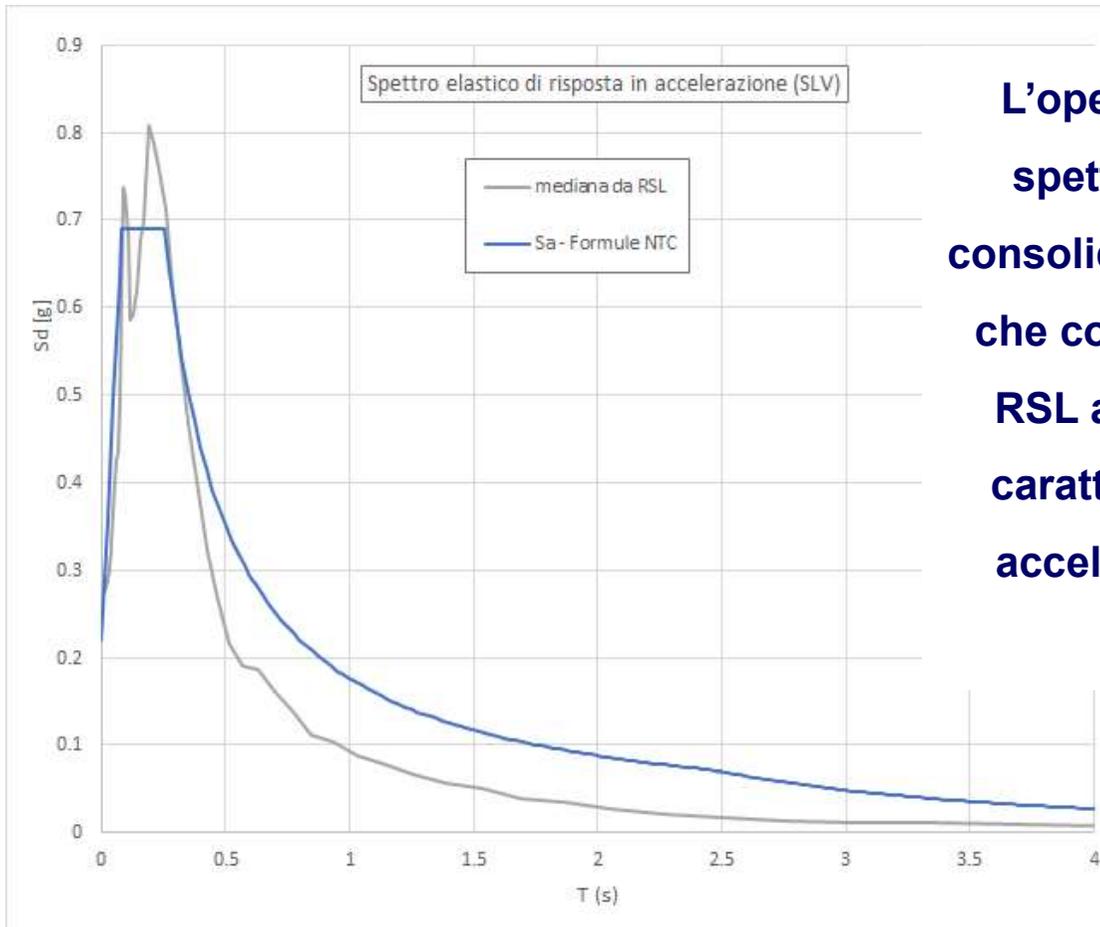
Alcune osservazioni in merito alla scelta del metodo semplificato

Per il sito in esame, la categoria di sottosuolo sarebbe la C, sia basandosi sulla $V_{s,30}$ che sulla $V_{s,h}$



Esempi applicativi

Normalizzazione (smoothing) dello spettro da RSL



L'operazione di normalizzazione dello spettro da RSL si basa su procedure consolidate (tra cui, Newmark & Hall, 1982) che consente di ricondurre lo spettro da RSL a uno spettro con forma standard caratterizzato da un tre distinti rami ad accelerazione, velocità e spostamento costante

NON andiamo «a occhio»!

Esempi applicativi

Normalizzazione (smoothing) dello spettro da RSL

Per la normalizzazione dello spettro, un utile riferimento è costituito dall'appendice all'Ordinanza n. 55 del 24 aprile 2018 che illustra passo-passo come determinare i punti critici dello spettro:

Indicando con SA lo spettro di risposta elastico in pseudoaccelerazione e SV lo spettro di risposta elastico in pseudovelocità, ottenuti dalle simulazioni numeriche, i passi della procedura di regolarizzazione sono i seguenti:

- Si calcola lo spettro di pseudoaccelerazione (SA) e si determina il periodo proprio (TA) per il quale è massimo il valore dello spettro di pseudoaccelerazione
- Si calcola il valore medio dello spettro (SA_m) nell'intorno di TA tra $0.5TA$ e $1.5TA$, questo valore sarà assunto come valore costante del tratto ad accelerazione costante dello spettro standard:

$$SA_m = \frac{1}{TA} \int_{0.5*TA}^{1.5*TA} SA(T) dT$$

- Si determina lo spettro di pseudovelocità (SV) a partire da quello di accelerazione, moltiplicando le ordinate spettrali di quest'ultimo per l'inverso della corrispondente frequenza circolare $\omega = 2\pi/T$:

$$SV(T) = SA(T) * \frac{T}{2\pi}$$

e quindi si individua il periodo (TV) per il quale è massimo il valore dello spettro di pseudovelocità;

- Si calcola il valore medio dello spettro (SV_m) nell'intorno di TV nell'intorno tra $0.8TV$ e $1.2TV$:

$$SV_m = \frac{1}{0.4 * TV} \int_{0.8*TV}^{1.2*TV} SV(T) dT$$

Esempi applicativi

Normalizzazione (smoothing) dello spettro da RSL

- e) Si determina il periodo in corrispondenza del quale si incontrano i due rami dello spettro ad accelerazione costante e velocità costante:

$$T_c = 2\pi \frac{SV_m}{SA_m};$$

- f) Si determina $T_B=1/3*T_c$ e $T_D=4.0*a_{max}/g + 1.6$ (secondo quanto indicato dalla normativa), con a_{max} punto di ancoraggio a $T=0$ dello spettro di output. Poiché il valore di a_{max} non è generalmente fornito nello spettro delle simulazioni numeriche si procede per estrapolazione lineare, secondo la seguente equazione:

$$a_{max} = \left(\frac{S_e(T = 0.01s)}{SA_m} - \frac{0.01}{T_B} \right) \left(\frac{SA_m}{1 - \frac{0.01}{T_B}} \right)$$

con $S_e(T=0.01s)$ ordinata dello spettro di accelerazione per $T=0.01s$, primo valore del periodo nello spettro elastico delle simulazioni numeriche.

- g) Si applicano le equazioni riportate in NTC (2018) per la determinazione dei tratti dello spettro tra $T_A=0$, T_B , T_C , T_D , fino a un T di interesse.
- h) Si termina il parametro F_0 come rapporto SA_m/a_{max}



La normalizzazione si rende necessaria per le successive verifiche, laddove sia richiesto quantificare il T_c (duttilità μ_ϕ , amplificazione del taglio Ved,)

Esempi applicativi

La medesima Ordinanza n. 55 del 24 aprile 2018 fornisce inoltre utili riferimenti per la giustificazione dell'impiego del metodo semplificato in siti in cui è disponibile la MS III liv

Al fine di definire lo spettro elastico di progetto, il progettista delle strutture dovrà confrontare lo spettro di risposta medio regolarizzato (secondo il metodo riportato in Appendice 1) ottenuto dallo studio di MS3 della microzona di interesse con quello ottenuto con l'approccio semplificato della normativa sismica, per la categoria di sottosuolo in corrispondenza del manufatto e per il tempo di ritorno di 475 anni.

L'intervallo di periodi da considerare per il confronto tra lo spettro di MS3 e quello di norma dell'approccio semplificato è determinato considerando i periodi di vibrazione di interesse dell'opera nelle due direzioni principali, ossia il minore, T_{\min} , e il maggiore, T_{\max} , dei tre periodi di vibrazione dell'edificio (inteso come struttura tridimensionale) con massa partecipante più elevata, tenendo anche conto dell'elongamento degli stessi durante la risposta sismica. Tale intervallo è compreso tra T_{\min} e $2T_{\max}$ ¹.

In questo intervallo dovranno essere valutate le seguenti due condizioni:

1. lo spettro di MS3 supera puntualmente in misura maggiore del 30% lo spettro semplificato di norma;
2. l'integrale dello spettro di MS3 è superiore del 20% rispetto al corrispondente integrale dello spettro semplificato di norma.

Se nessuna delle due condizioni è verificata, è possibile utilizzare l'approccio semplificato della normativa sismica. Se almeno una delle condizioni di cui sopra è verificata, lo spettro previsto dall'approccio semplificato della normativa può ritenersi significativamente meno conservativo di quello di MS3.

Conclusioni e prospettive future

- Lo studio di MS si basa su una rete di misure a scala territoriale comunale e costituisce uno strumento conoscitivo del territorio con prevalente finalità pianificatoria;
- I risultati dello studio di MS **NON** possono sostituire le prove in situ da effettuare per il singolo intervento ai sensi delle NTC. Tuttavia, lo studio di MS rappresenta un **indicatore rappresentativo delle caratteristiche di pericolosità del sito** e fornisce un importante database di indagini che devono essere messe a disposizione per ottenere modelli geologici e geofisici rappresentativi;
- Diventa sempre più imprescindibile la **collaborazione tra le figure tecniche** coinvolte nel processo edilizio. La definizione dell'azione sismica di progetto, a partire dal metodo scelto per la valutazione degli effetti locali, deve essere presa di concerto tra geologo e progettista strutturale, viste le responsabilità poste in capo a quest'ultimo;
- Altrettanto imprescindibile è la **continua implementazione della banca dati** al fine di consentire la definizione di modelli geologici e geofisici più affidabili. A tal fine, riteniamo indispensabile implementare un database interrogabile dagli utenti in cui vengono messe a disposizione le indagini raccolte nel tempo dall'Amministrazione;
- Le tematiche affrontate sono complesse e relativamente «nuove» per molti degli operatori coinvolti per cui si ritiene necessario sfruttare il **periodo transitorio per fornire le basi e gli strumenti necessari per una progettazione consapevole.**



Microzonazione sismica del Comune di Parma: aggiornamenti, applicazioni e indirizzi normativi nel nuovo PSC

Parma, 4 dicembre 2018

**Le nuove NTA allegate al PSC in materia di riduzione del
rischio sismico e relative applicazioni ingegneristiche**

- Parte II -

Beatrice Belletti

Università degli Studi di Parma, Dipartimento di Ingegneria e Architettura

CONTENUTI

- ✓ **L'INGEGNERE STRUTTURISTA DEVE CONDURRE UNA SERIE DI VERIFICHE SUGLI ELEMENTI STRUTTURALI, NON STRUTTURALI, SECONDARI, IMPIANTI**
- ✓ **PER IL CALCOLO DELLA DOMANDA SISMICA PER ALCUNE DI QUESTE VERIFICHE CI SI BASA SULLO SPETTRO IN SPOSTAMENTO, IN VELOCITA', IN ACCELERAZIONE**
- ✓ **SI MOSTRERANNO GLI EFFETTI DELL'UTILIZZO DELLO SPETTRO SEMPLIFICATO DA NTC 2018 E DELLO SPETTRO NORMALIZZATO DA RSL PER IL CALCOLO DELLA DOMANDA CON RIFERIMENTO ALL'ESEMPIO P.1**
- ✓ **SI PRENDERA' COME ESEMPIO UN EDIFICIO PREFABBRICATO MULTIPIANO**

ELEMENTI STRUTTURALI, ELEMENTI SECONDARI ED ELEMENTI NON STRUTTURALI

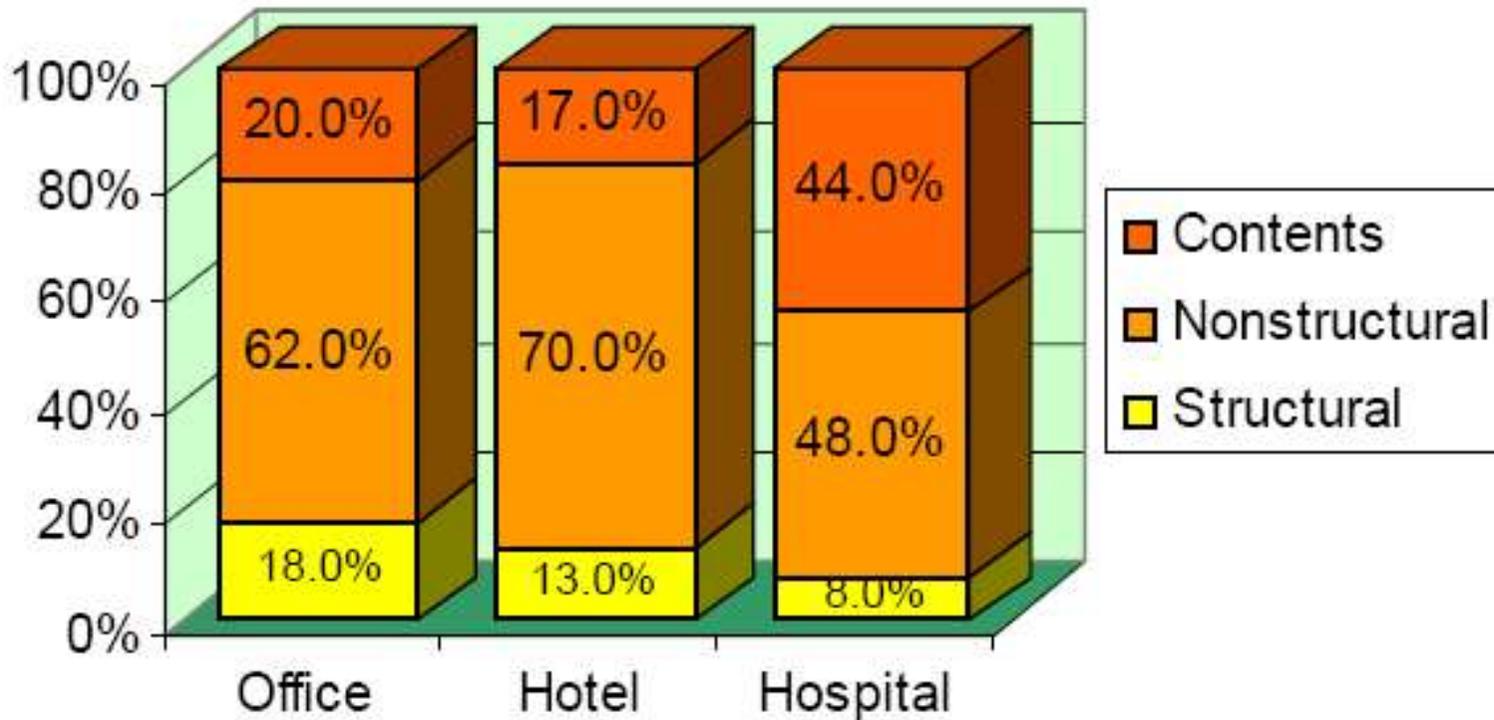
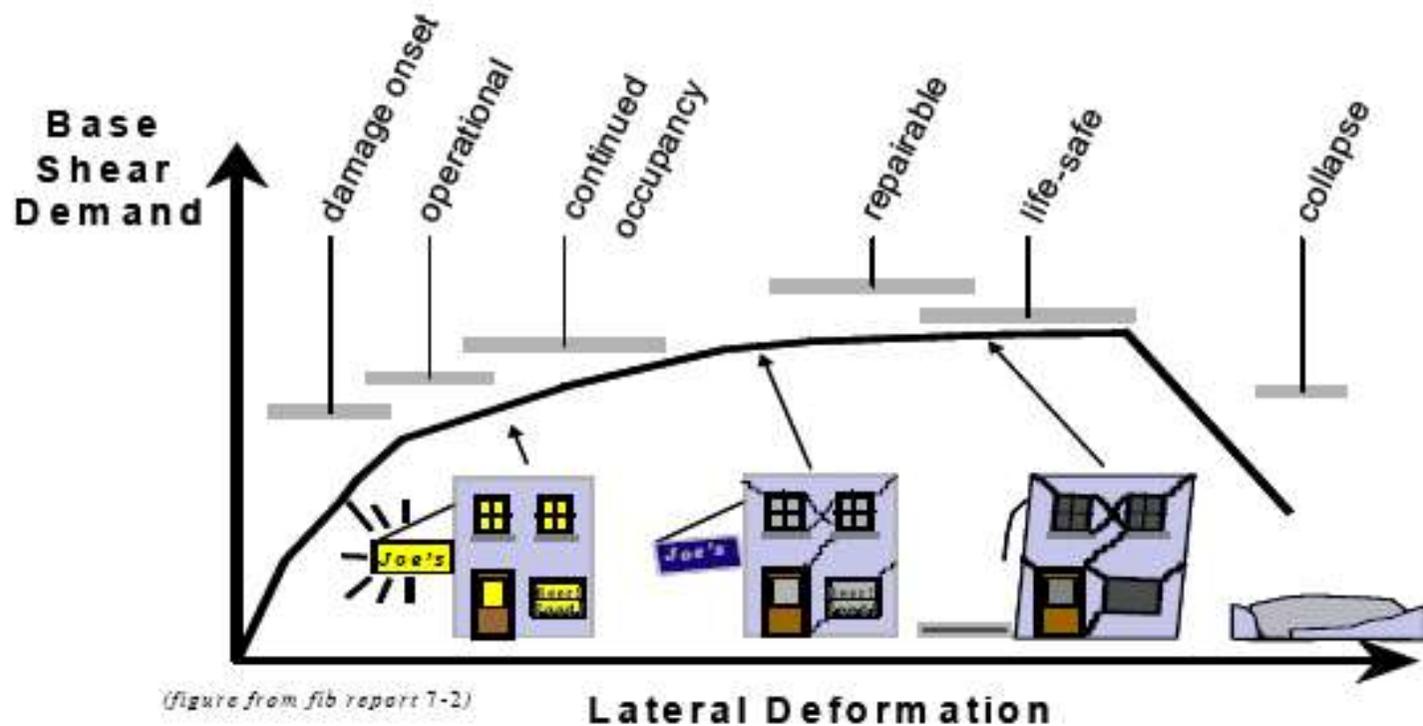


Figure 1. Typical investments in building construction (after E. Miranda)

STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITA' DI SUPERAMENTO



Tab. 7.3.III – Stati limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impianti

STATI LIMITE		CU I	CU II			CU III e IV		
		ST	ST	NS	IM	ST	NS	IM(*)
SLE	SLO					RIG		FUN
	SLD	RIG	RIG			RES		
SLU	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA	STA
	SLC		DUT(**)			DUT(**)		

RISPETTO DEI REQUISITI NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE

TABELLA FORNITA DALLA
CIRCOLARE DATATA
28/07/2018

STATI LIMITE	Descrizione della prestazione	ST			NS	DM		Classe d'uso			
		RIG	RES	DUT (SPO)	STA	FUN	STA	I	II	III IV	
SLO	NS ST Limitazione del danno degli elementi non strutturali, o delle pareti per le costruzioni di muratura	§7.3.6.1									x
	DM Funzionamento degli impianti					§7.3.6.3					x
SLE	ST Controllo del danno degli elementi strutturali		§7.3.1(*)								x
	NS ST Controllo del danno degli elementi non strutturali, o delle pareti per le costruzioni di muratura	§7.3.6.1						x	x		
SLU	SLV ST Livello di danno degli elementi strutturali coerente con il fattore di comportamento		§7.3.6.1					x	x	x	
	assenza di rotture fragili e meccanismi locali/globali instabili										
	NS Assenza di crolli degli elementi non strutturali pericolosi per l'incolumità, pur in presenza di danni diffusi					§7.3.6.3				x	x
	DM Capacità ultima degli impianti e dei collegamenti						§7.3.6.3			x	x
SLC	ST Margine di sicurezza sufficiente per azioni verticali ed esiguo per azioni orizzontali			§7.3.6.1 (DUT)						x	x
	ST Capacità di spostamento dei dispositivi nelle costruzioni con isolamento sismico			§7.10.6.2.2 (SPO)						x	x

RELAZIONE FRA TIPO DI MODELLAZIONE E VALORI LIMITE DEL FATTORE DI COMPORTAMENTO

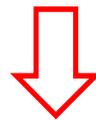
Tab. 7.3.I – Limiti su q e modalità di modellazione dell'azione sismica

STATI LIMITE		Lineare (Dinamica e Statica)		Non Lineare	
		Dissipativo	Non Dissipativo	Dinamica	Statica
SLE	SLO	$q = 1.0$ § 3.2.3.4	$q = 1.0$ § 3.2.3.4	§ 7.3.4.1	§ 7.3.4.2
	SLD	$q \leq 1,5$ § 3.2.3.5	$q \leq 1,5$ § 3.2.3.5		
SLU	SLV	$q \geq 1,5$ § 3.2.3.5	$q \leq 1,5$ § 3.2.3.5		
	SLC	---	---		

TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI COMPORTAMENTO

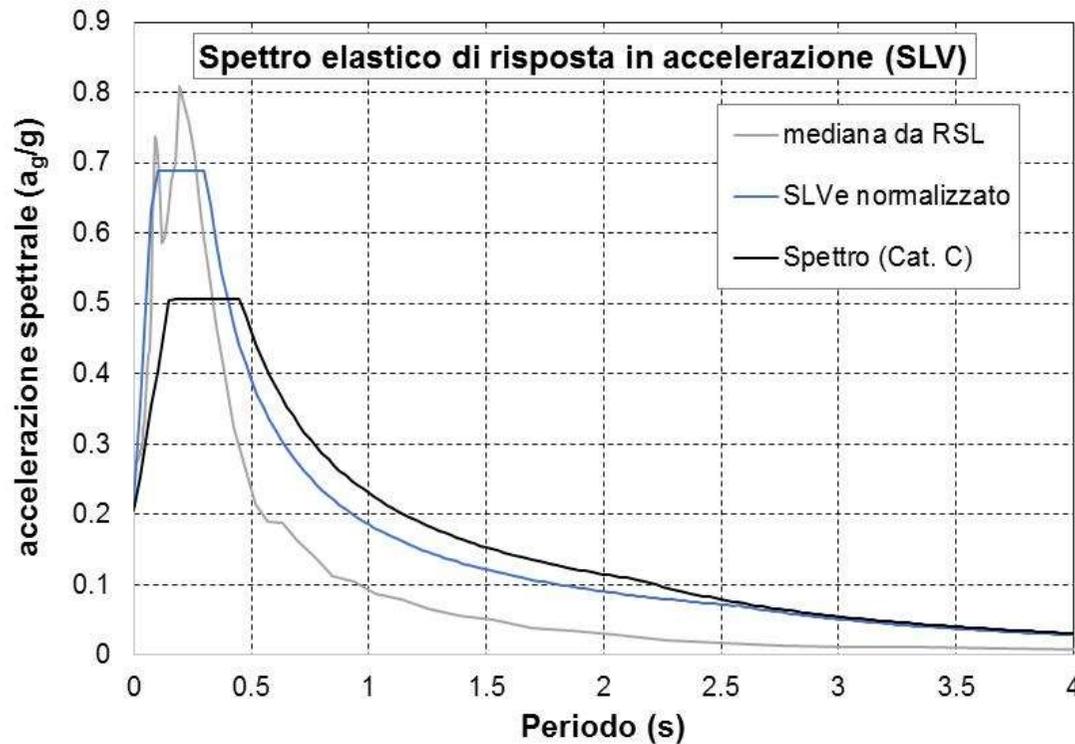
I **valori massimi** di q_0 per queste ultime categorie sono contenuti nella tabella 7.3.II.

Tipologia strutturale	q_0	
	CD''A''	CD''B''
Costruzioni di calcestruzzo (§ 7.4.3.2)		
Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste (v. § 7.4.3.1)	$4,5 \alpha_w/\alpha_1$	$3,0 \alpha_w/\alpha_1$
Strutture a pareti non accoppiate (v. § 7.4.3.1)	$4,0 \alpha_w/\alpha_1$	3,0
Strutture deformabili torsionalmente (v. § 7.4.3.1)	3,0	2,0
Strutture a pendolo inverso (v. § 7.4.3.1)	2,0	1,5
Strutture a pendolo inverso intelaiate monopiano (v. § 7.4.3.1)	3,5	2,5
Costruzioni con struttura prefabbricata (§ 7.4.5.1)		
Strutture a pannelli	$4,0 \alpha_w/\alpha_1$	3,0
Strutture monolitiche a cella	3,0	2,0
Strutture con pilastri incastrati e orizzontamenti incernierati	3,5	2,5



$$q = q_0 \cdot K_R$$

SPETTRO ELASTICO SLV

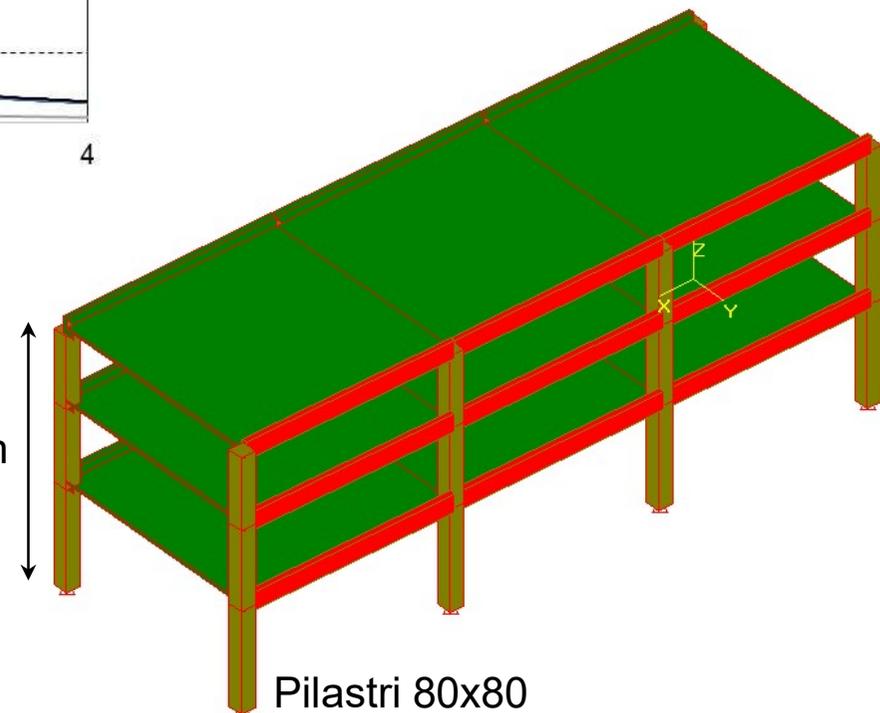


Esempio P.1

- Confronto modi di vibrare
- Effetti dei modi di vibrare superiori

- Effetti sul valore della domanda a taglio del pilastro in accordo alla gerarchia delle resistenze
- Effetti sul valore della domanda a taglio dei collegamenti trave-pilastro

H=11.5 m

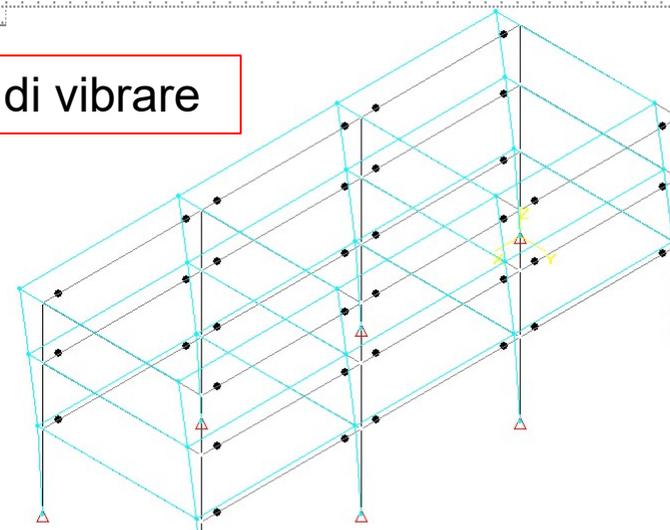


MODI DI VIBRARE

MODI PROPRI DI VIBRAZIONE

1° modo di vibrare

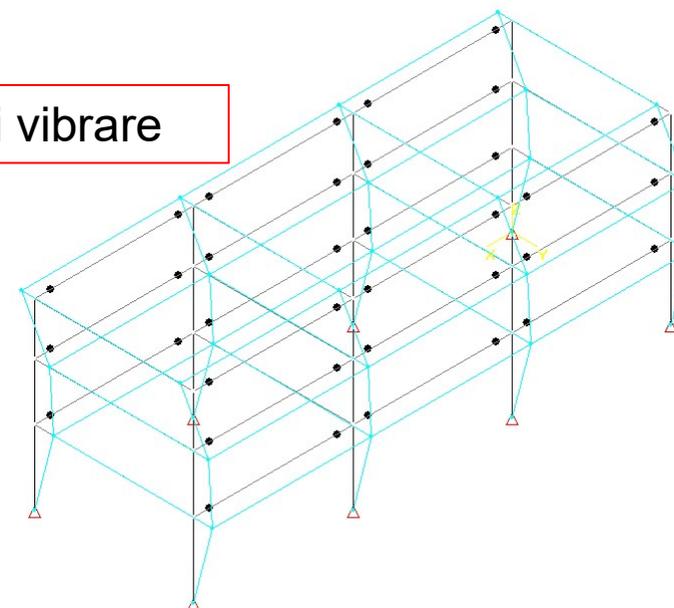
MODO n.ro	FREQUENZE (Hertz)	PERIODO PROPRIO (sec)
1	0.71547	1.39768
2	0.71553	1.39757
3	0.80576	1.24106
4	4.68286	0.21354
5	4.69861	0.21283
6	5.27327	0.18964



4° modo di vibrare

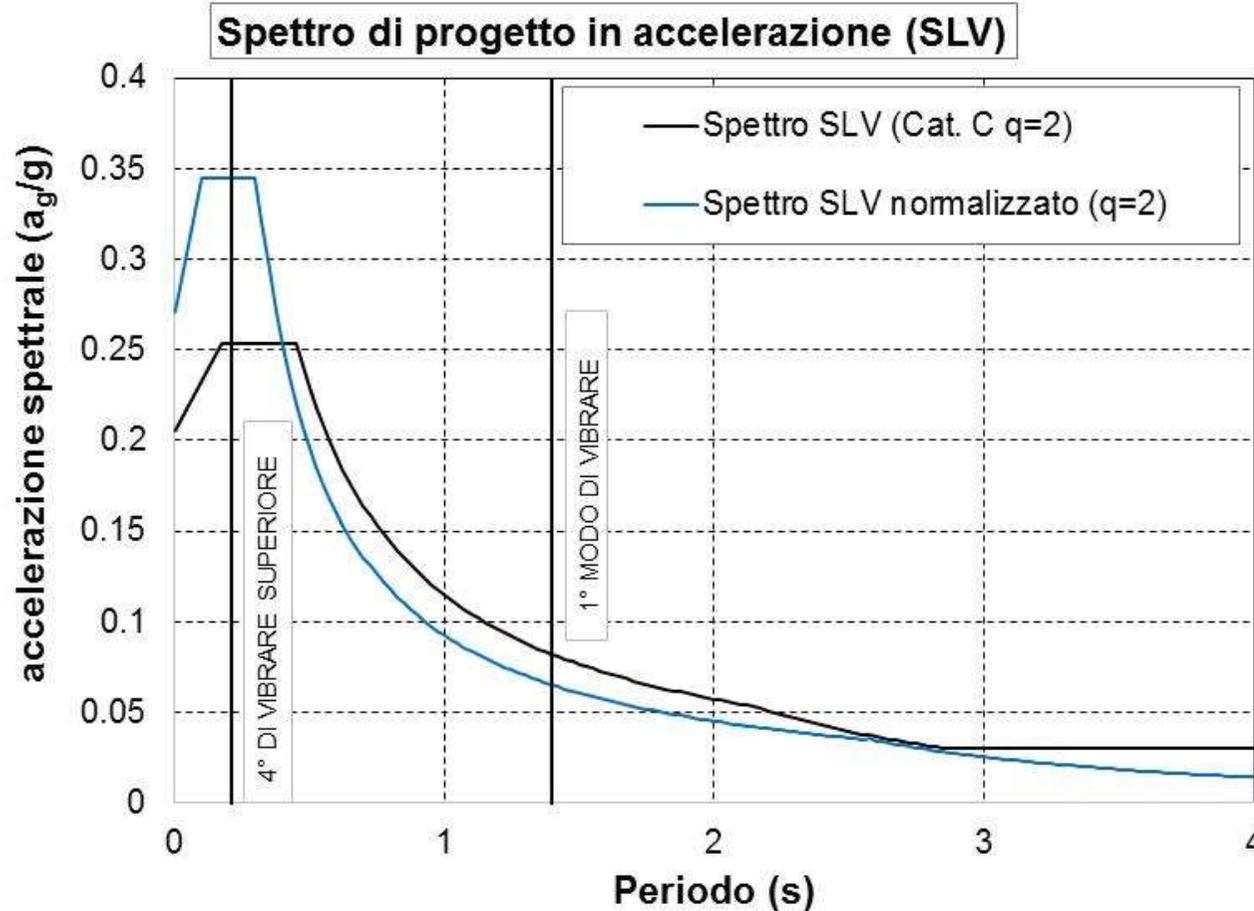
MASSA ECCITATA MODALE

MODO n.ro	PERC.MASSA ECCITATA			DIR. Z
	DIR. X	DIR. Y		
1	0.0	78.0		0.0
2	78.0	0.0		0.0
3	0.0	0.0		0.0
4	0.0	19.3		0.0
5	19.3	0.0		0.0
6	0.0	0.0		0.0



MASSA ECCITATA IN DIREZIONE X =	1760.8 Kgsec ² /cm	%MASSA TOTALE X =	97.3
MASSA ECCITATA IN DIREZIONE Y =	1760.5 Kgsec ² /cm	%MASSA TOTALE Y =	97.3
MASSA ECCITATA IN DIREZIONE Z =	0.0 Kgsec ² /cm	%MASSA TOTALE Z =	0.0

SPETTRO DI PROGETTO SLV



**FATTORE DI
COMPORTAMENTO**

$q=2$

Costruzioni con struttura prefabbricata (§ 7.4.5.1)

Strutture a pannelli	$4,0 \alpha_w/\alpha_1$	3,0
Strutture monolitiche a cella	3,0	2,0
Strutture con pilastri incastrati e orizzontamenti incernierati	3,5	2,5

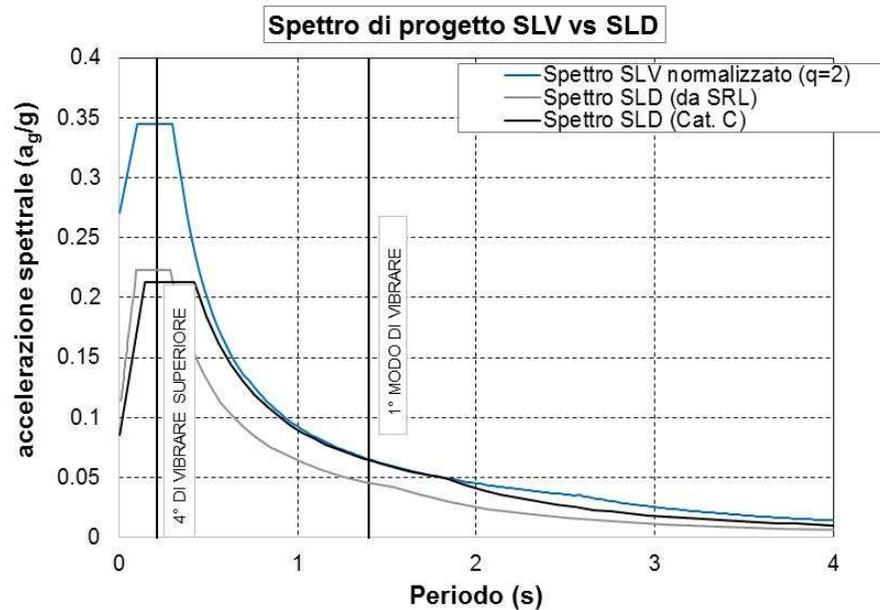
SPETTRO DI PROGETTO SLV vs SLD

Costruzioni con struttura prefabbricata (§ 7.4.5.1)

Strutture con pilastri incastrati e orizzontamenti incernierati

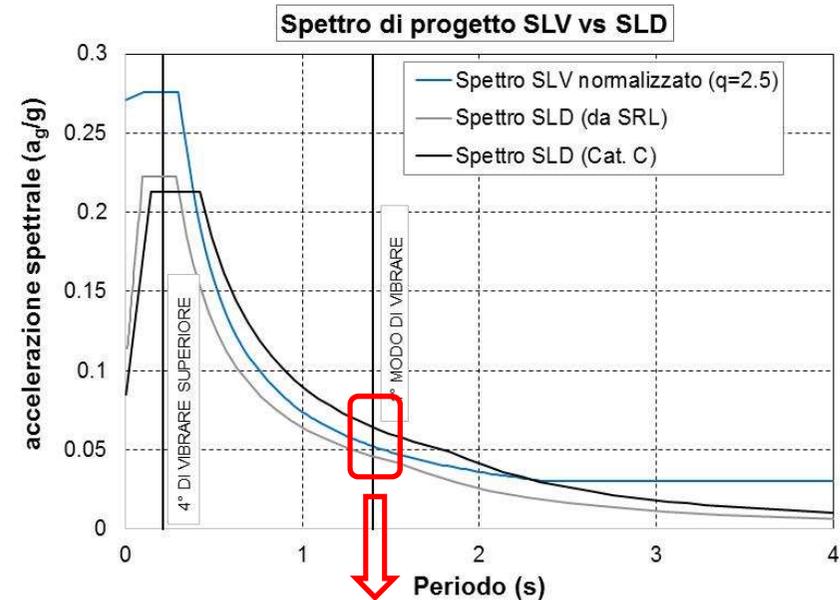
3,5

2,5



Fattore di comportamento
 $q=2$ (ok)

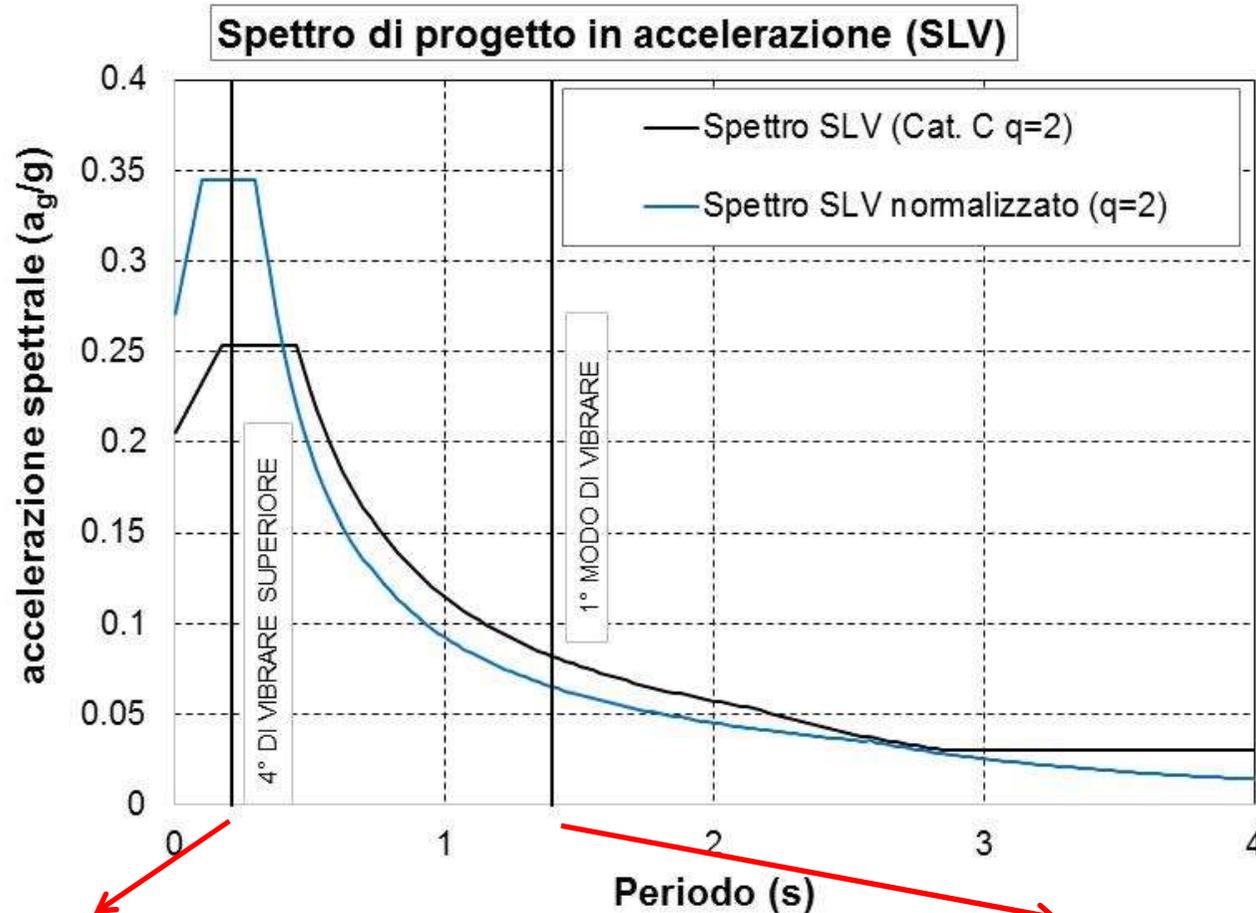
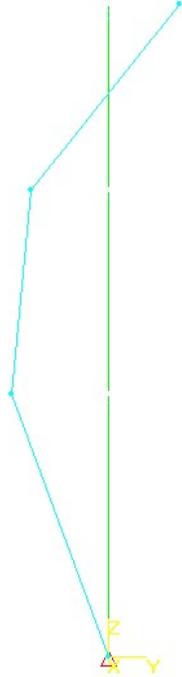
ATT! Fattore di comportamento
 $q=2.5$



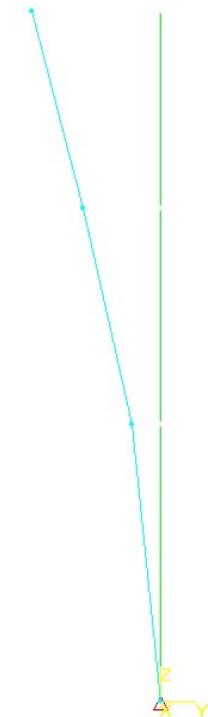
Qualora la domanda in resistenza allo *SLV* risulti inferiore a quella allo *SLD*, si può scegliere di progettare la capacità in resistenza sulla base della domanda allo *SLD* invece che allo *SLV*. In tal caso il fattore di comportamento allo *SLV* deve essere scelto in modo che le ordinate dello spettro di progetto per lo *SLV* siano non inferiori a quelle dello spettro di progetto per lo *SLD*.

VERIFICHE DI RESISTENZA SLV

4° MODO



1° MODO



VERIFICA MECCANISMI FRAGILI:

- Taglio nel pilastro e nei collegamenti trave/pilastro molto sensibile ai modi di vibrare superiori
- Domanda superiore se calcolata con spettro normalizzato da RSL

VERIFICA MECCANISMI DUTTILI:

- zona dissipativa alla base del pilastro governata dal 1° modo di vibrare
- Domanda superiore se calcolata con spettro semplificato da NTC 2018

CALCOLO DOMANDA MECCANISMI DUTTILI

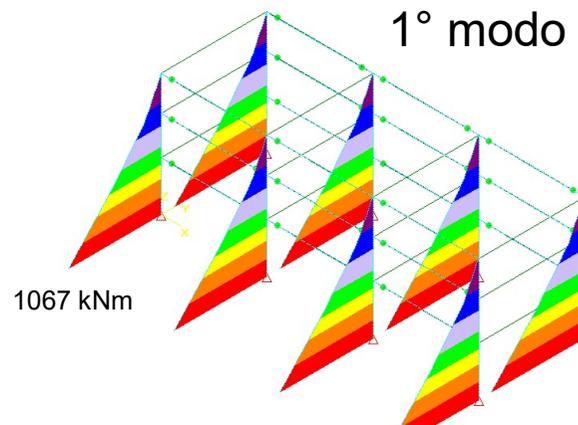
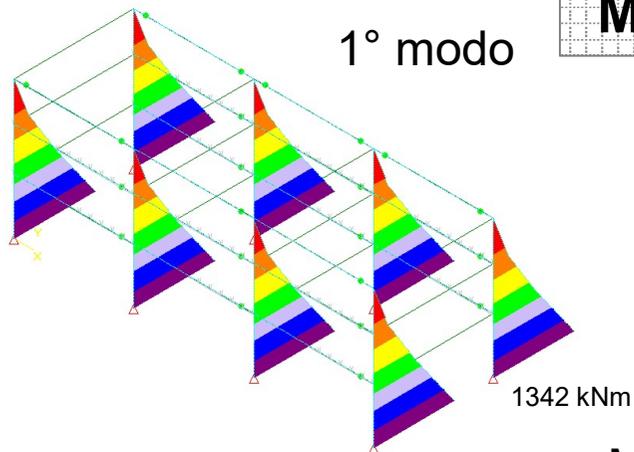
Momento (Spettro Cat. C)

CALCOLO DOMANDA MECCANISMI DUTTILI

Momento (Spettro Normalizzato)

1° modo

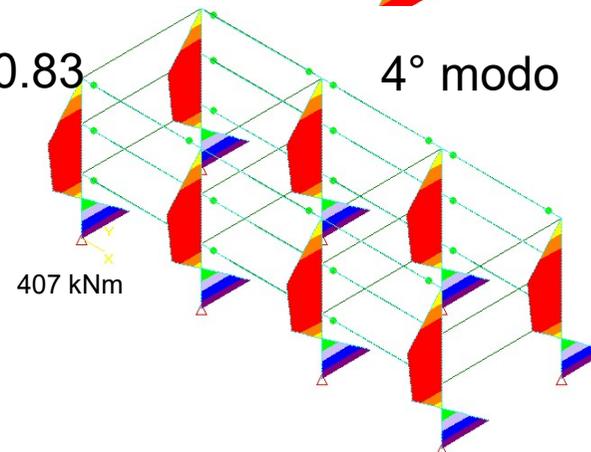
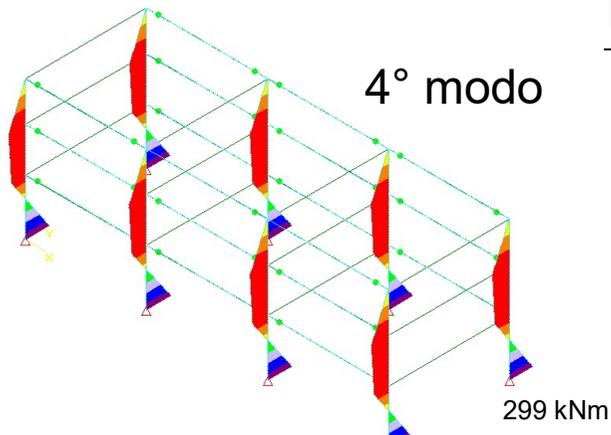
1° modo



CALCOLO MOMENTO
 ALLA BASE DEL
 PILASTRO SENZA
 EFFETTI DEL II ORDINE

4° modo

4° modo



$$\frac{M_{ED,SPETTRO\ RSL\ NORM}}{M_{ED,SPETTRO\ CAT.\ C}} = \frac{1142}{1375} = 0.83$$



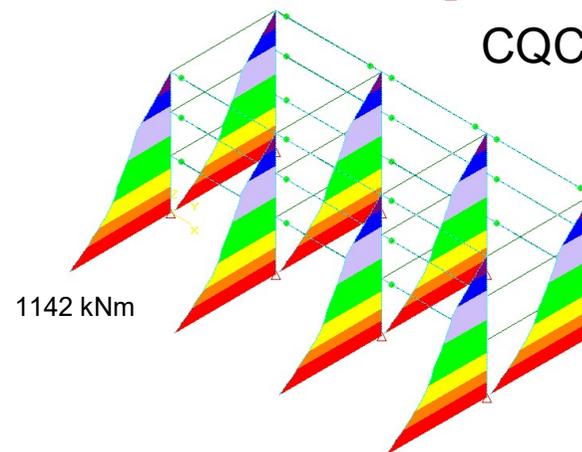
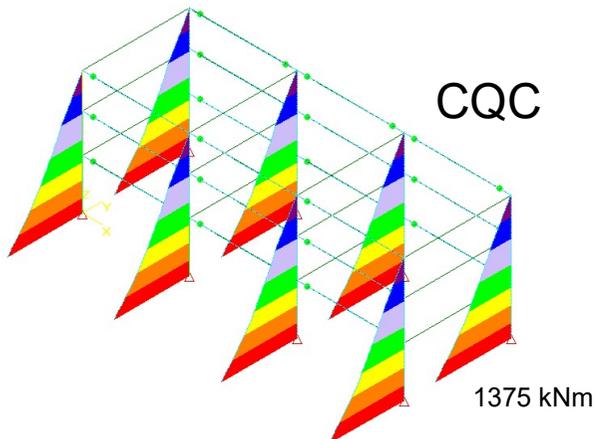
PIU' CAUTELATIVO
 CALCOLARE LA
 DOMANDA ALLA BASE
 DEL PILASTRO
 CON SPETTRO
 SEMPLIFICATO
 NTC2018CAT. C



DA VALUTARE EFFETTI
 DEL II ORDINE

CQC

CQC



VERIFICHE DI RESISTENZA (RES) EFFETTI SECOND'ORDINE

**FORMULA NTC2018
PER TELAI A NODI RIGIDI**

Tipici delle strutture gettate in opera con spostamenti contenuti

$$\theta_j = \frac{N_j \cdot d_{rj}}{V_j \cdot h_j}$$

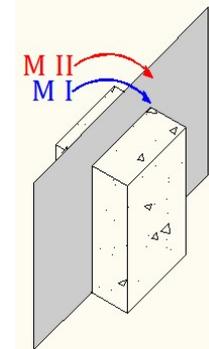


**FORMULA PROPOSTA DA ASSOBBETON E
RECEPITA DA AICAP**

**TELAJ CON ORIZZONTAMENTI
INCERNIERATI**

*Tipici delle strutture prefabbricate
Con maggiori spostamenti.*

$$\theta_j = \frac{\sum_{i=j+1}^n P_i (d_i - d_j)}{\sum_{i=j+1}^n F_i (z_i - z_j)}$$



$$\theta = \frac{M_{II}}{M_I}$$

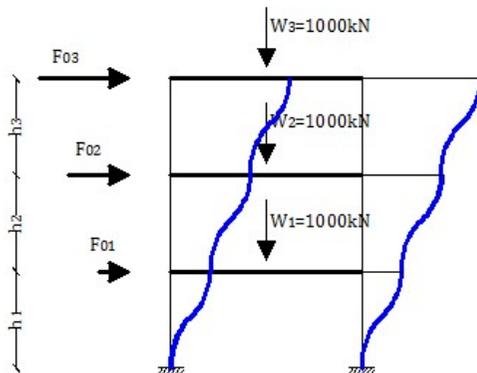
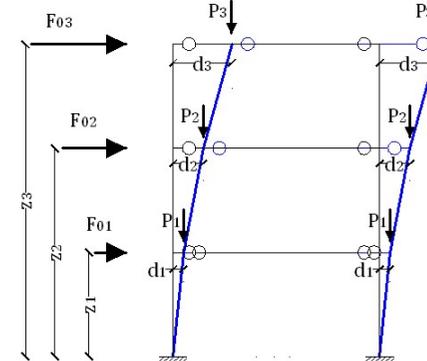
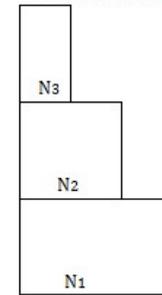


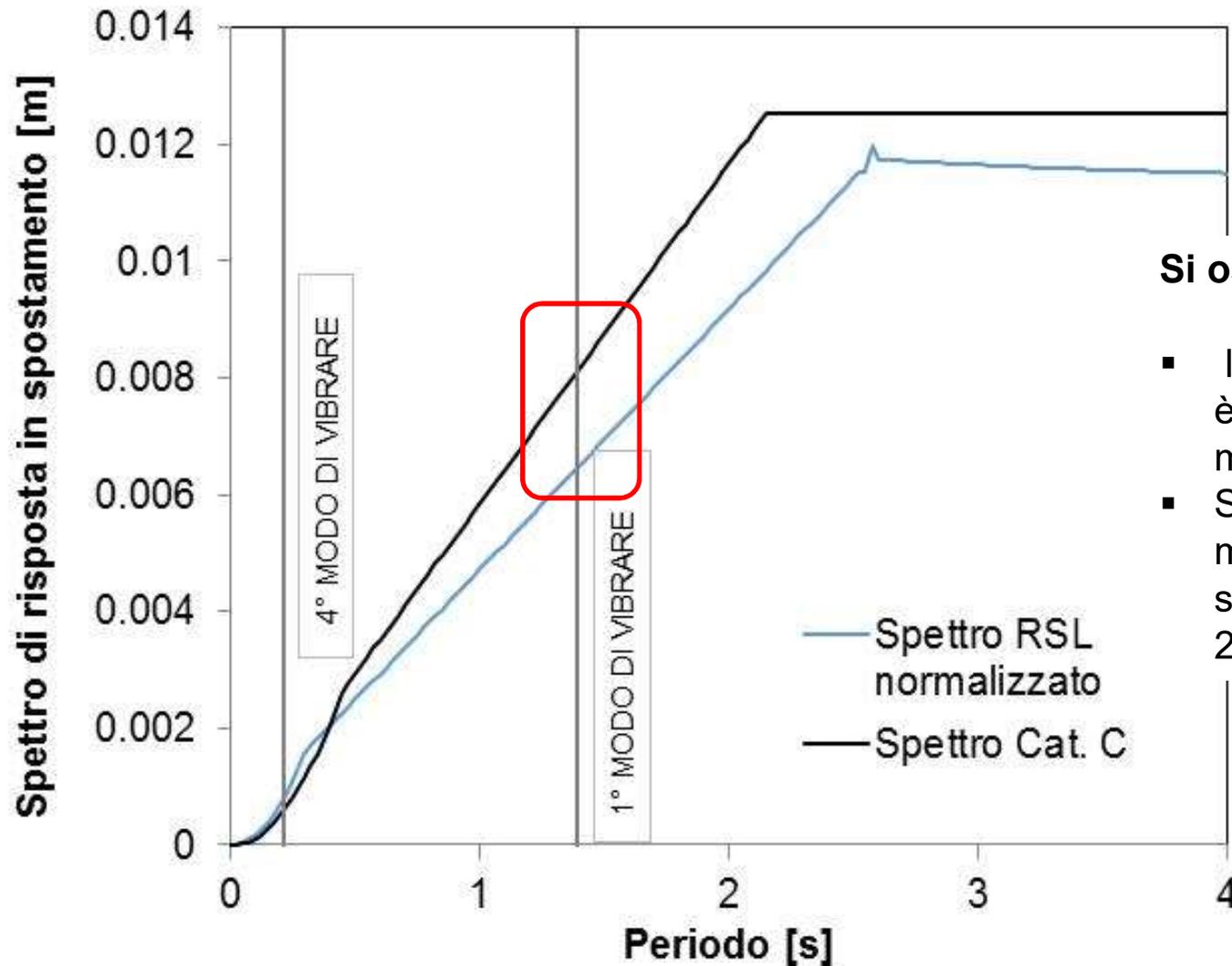
DIAGRAMMA DEL TAGLIO SUL SINGOLO PILASTRO



DIAGRAMMA AZIONE ASSIALE SUL SINGOLO PILASTRO



CALCOLO DEGLI SPETTRI ELASTICI SLV IN SPOSTAMENTO



$$S_d = \frac{S_a}{\omega^2} = S_a \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2$$

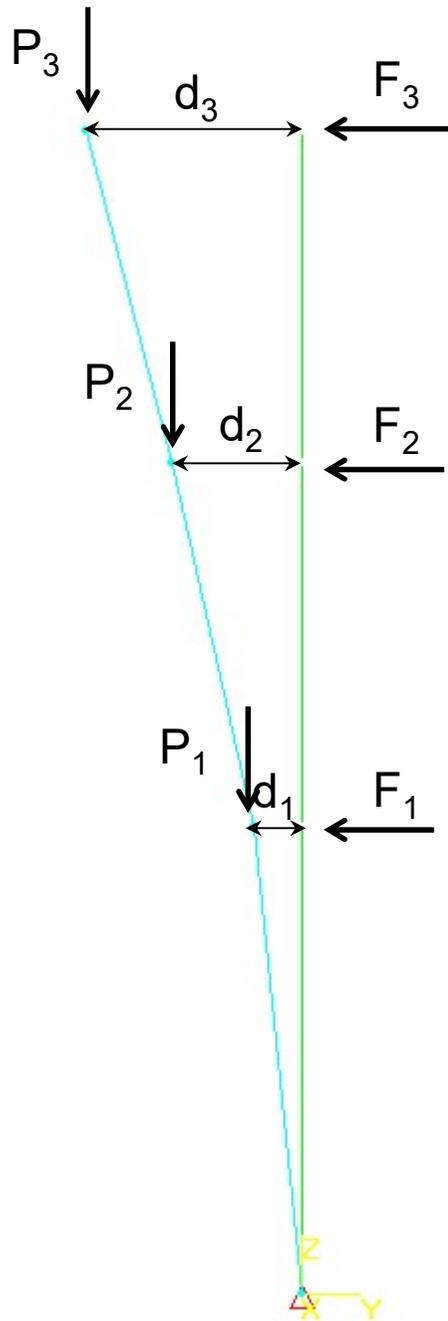


Si osserva che:

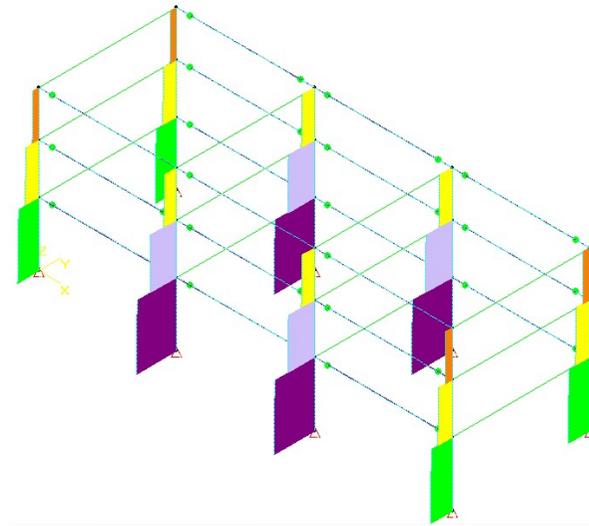
- la differenza in spostamento è importante per il primo modo di vibrare
- Si osservano spostamenti maggiori per lo spettro semplificato Cat. C da NTC 2018

EFFETTI DEL SECOND'ORDINE

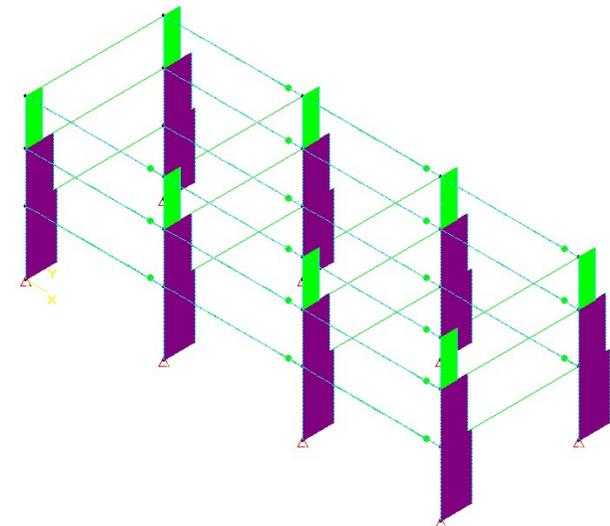
$$\theta_j = \frac{\sum_{i=j+1}^n P_i (d_i - d_j)}{\sum_{i=j+1}^n F_i (z_i - z_j)}$$



CSC: DIAGRAMMA
AZIONE ASSIALE N



MODO 1: DIAGRAMMA TAGLIO V_2



SI ESEGUE IL CALCOLO DI q :

- in corrispondenza di un pilastro centrale dove i valori di N e P_i ad ogni piano sono massimi,
- sulla base degli spostamenti e dei tagli relativi al primo modo di vibrare.

CALCOLO DOMANDA CON EFFETTI SECOND'ORDINE

Spettro SLV cat. C (1° modo)							
	d_i	qd_i	P_i	F_i	z_i	θ	λ
	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]		
LV1	0.01158	0.02316	966.56	18.25	4.59	0.13	1.15
LV2	0.03136	0.06271	963.5	48.88	8.18	0.16	1.19
LV3	0.05234	0.10467	896.25	75.25	11.43	0.15	1.18

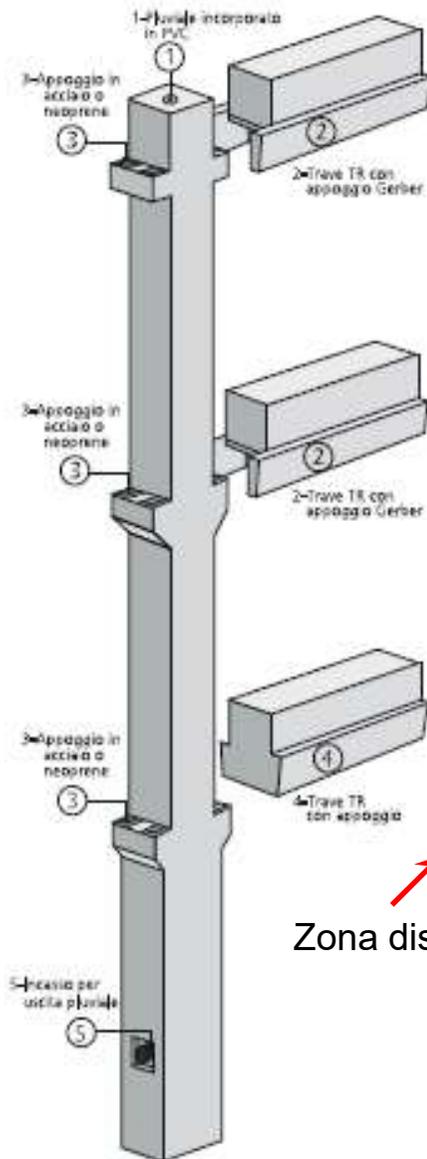
Spettro normalizzato da RSL (1° modo)							
	d_i	qd_i	P_i	F_i	z_i	θ	λ
	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]		
LV1	0.00921	0.01843	966.56	14.52	4.59	0.13	1.15
LV2	0.02495	0.04989	963.5	38.89	8.18	0.16	1.19
LV3	0.04164	0.08327	896.25	59.86	11.43	0.15	1.18



GLI EFFETTI DEL SECOND'ORDINE CALCOLATI IN FUNZIONE DELLA DEFORMATA MODALE RELATIVA AL MODO 1 SONO UGUALI PER ENTRAMBI GLI SPETTRI

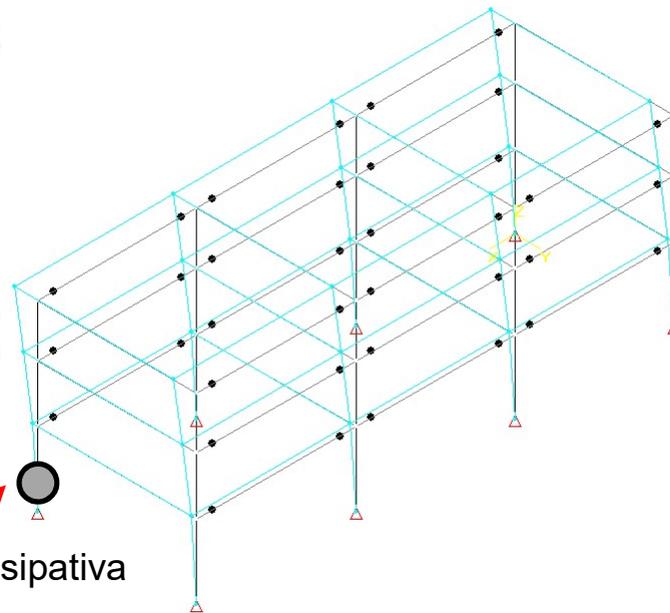
**CALCOLO DOMANDA
MECCANISMI FRAGILI
DEL PILASTRO**

EFFETTI DEI MODI DI VIBRARE SUPERIORI



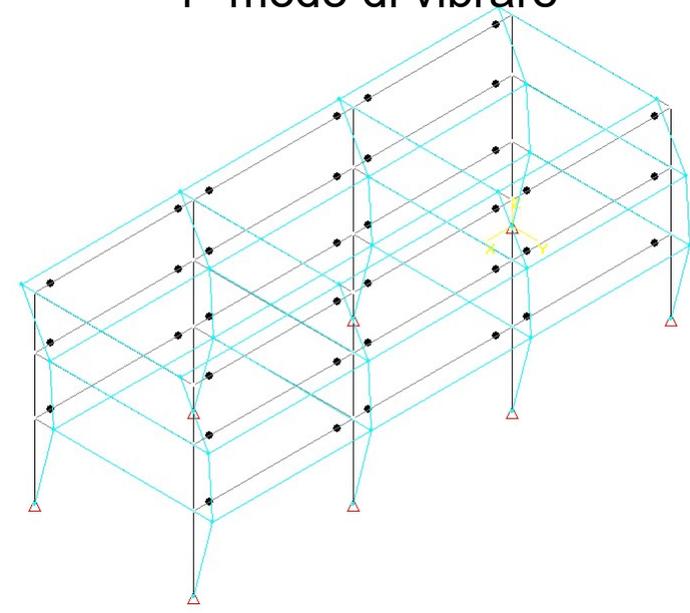
Per strutture a comportamento dissipativo con pilastri pluripiano incastrati alla base e con travi incernierate ai pilastri stessi, deve essere considerato l'incremento del taglio dovuto agli effetti dei modi superiori.

1° modo di vibrare



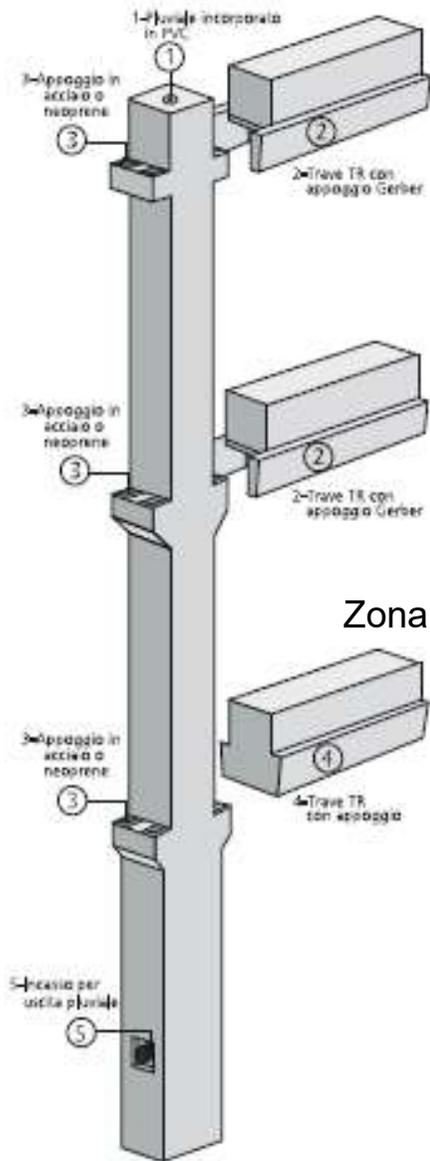
Il 1° modo di vibrare produce i maggiori sforzi in corrispondenza della zona dissipativa

4° modo di vibrare

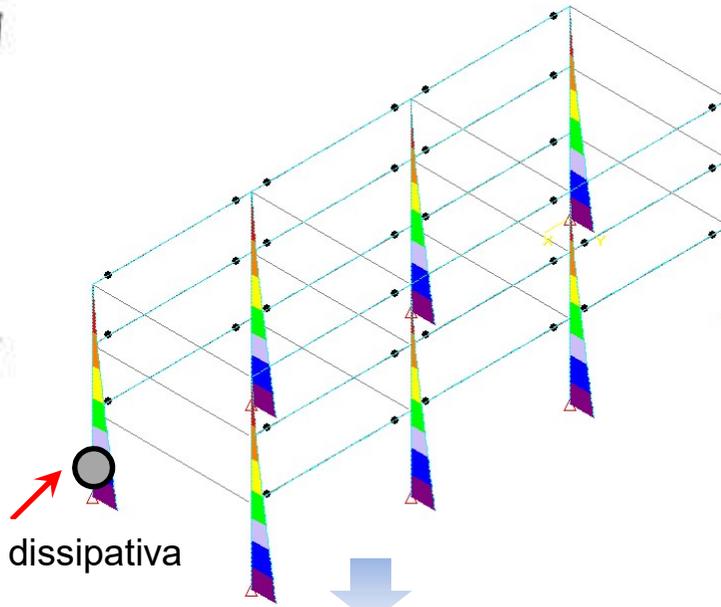


Il 4° modo di vibrare produce i maggiori sforzi in zone non dissipative

CALCOLO DELLA DOMANDA IN ACCORDO ALLA GERARCHIA DELLE RESISTENZE – TELAI PLURIPIANO



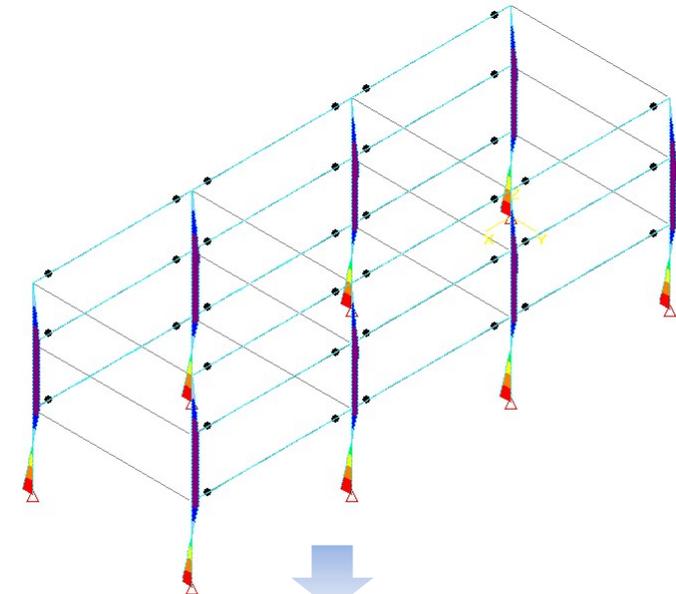
1° modo di vibrare



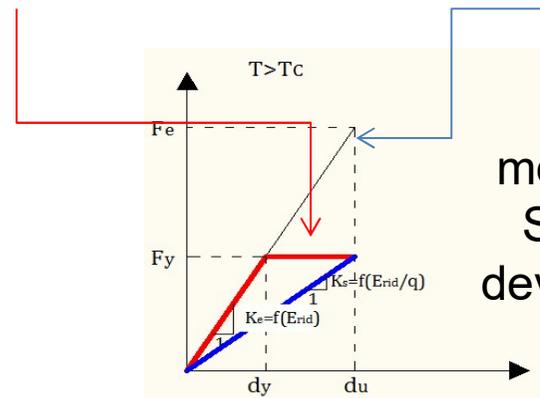
Zona dissipativa

Sforzi calcolati nell'ipotesi di comportamento duttile

4° modo di vibrare



Sforzi calcolati nell'ipotesi di comportamento elastico



Gli sforzi associati al 4° modo di vibrare valutati con SRA e spettro di progetto devono essere amplificati del fattore q

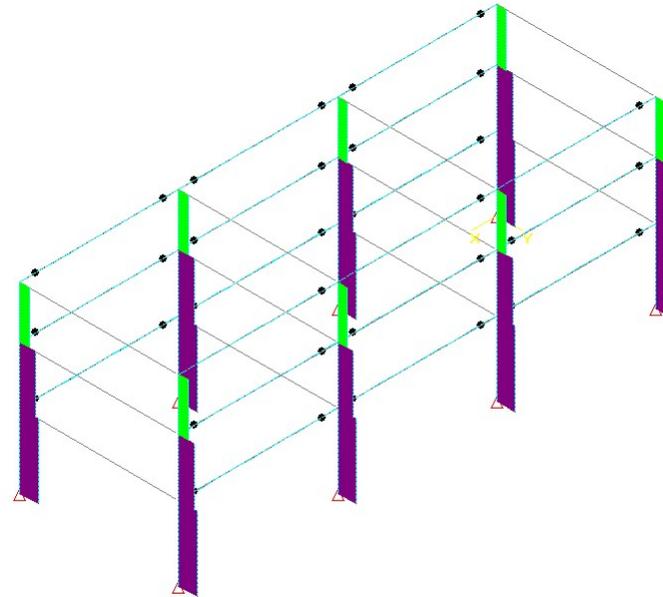
CALCOLO DELLA DOMANDA IN ACCORDO ALLA GERARCHIA DELLE RESISTENZE – TELAI PLURIPIANO

Sforzo di taglio da considerare

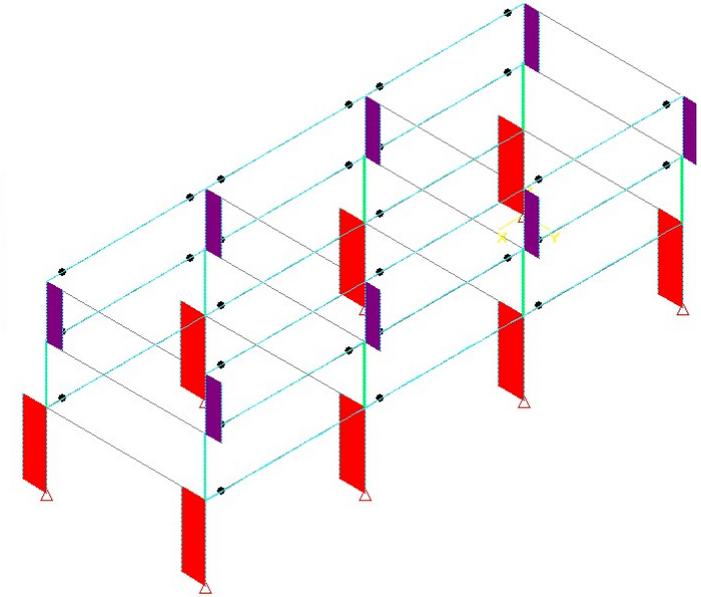


$$V_E = \sqrt{V_{E1}^2 + (qV_{E4})^2}$$

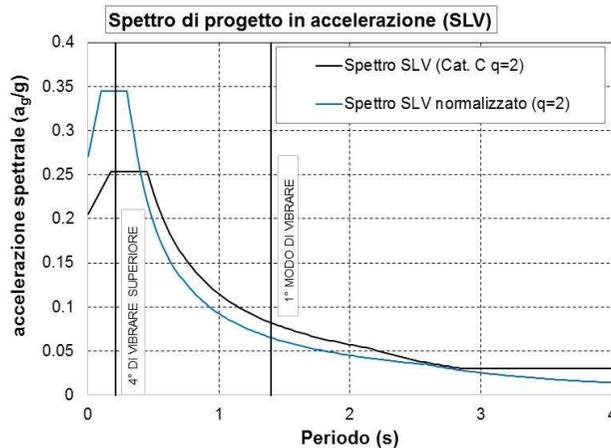
1° modo di vibrare



4° modo di vibrare



Il contributo alla risposta sismica del 4° modo può essere espresso in funzione di quello del 1° modo con la seguente espressione:



$$V_{E4} = \sqrt{0.1} \frac{S_d(T_C)}{S_d(T_1)} \cdot V_{E1}$$

CALCOLO DELLA DOMANDA IN ACCORDO ALLA GERARCHIA DELLE RESISTENZE – TELAI PLURIPIANO

$$V_{E4} = \sqrt{0.1} \frac{S_d(T_C)}{S_d(T_1)} \cdot V_{E1}$$

Sostituendo si ottiene pertanto:

$$V_E = \sqrt{V_{E1}^2 + \left(q \cdot V_{E4} \right)^2} = \sqrt{V_{E1}^2 + \left(q \cdot \sqrt{0.1} \frac{S_d(T_C)}{S_d(T_1)} \cdot V_{E1} \right)^2}$$

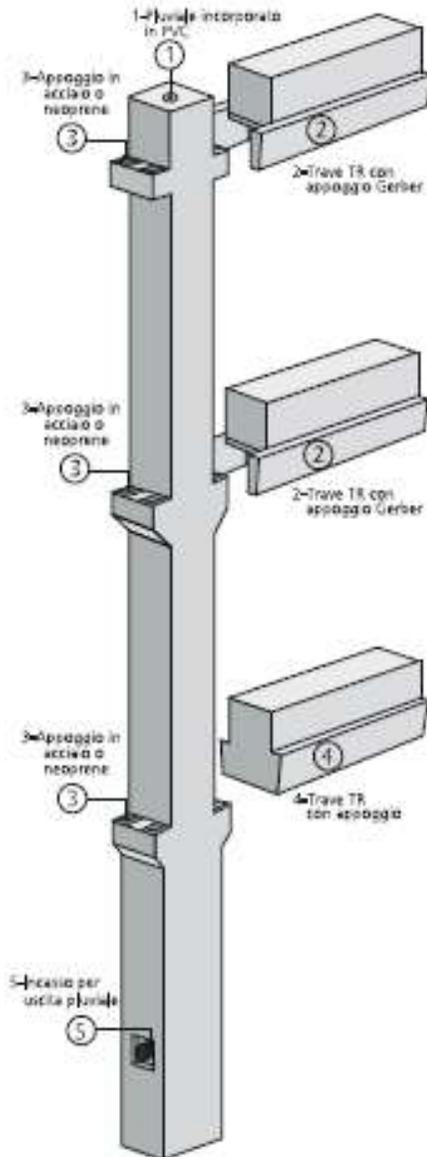
Il taglio corrispondente alla formazione della cerniera plastica alla base del pilastro sarà associato al primo modo di vibrare, per tenere conto dei coefficienti di sovra-resistenza si può scrivere come segue

$$\gamma_{Rd} \cdot \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} \cdot V_{E1}$$

Sostituendo questa espressione si ricava

$$\begin{aligned} V_{Ed} &= \sqrt{\left(\gamma_{Rd} \cdot \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} \cdot V_{E1} \right)^2 + \left(q \cdot \sqrt{0.1} \frac{S_d(T_C)}{S_d(T_1)} \cdot V_{E1} \right)^2} = \\ &= q \cdot V_{E1} \sqrt{\left(\frac{\gamma_{Rd}}{q} \cdot \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} \right)^2 + \left(\sqrt{0.1} \frac{S_d(T_C)}{S_d(T_1)} \right)^2} \end{aligned}$$

CALCOLO DELLA DOMANDA IN ACCORDO ALLA GERARCHIA DELLE RESISTENZE – TELAI PLURIPIANO



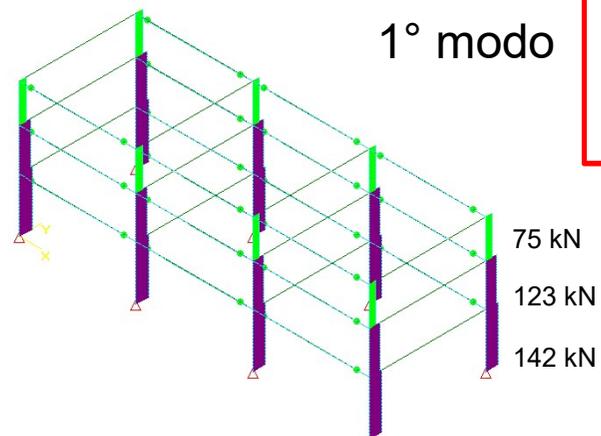
Pertanto nel caso di pilastri pluripiano la domanda di taglio va incrementata del seguente fattore:

$$1.5 \leq q \sqrt{\left(\frac{\gamma_{Rd}}{q} \cdot \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} \right)^2 + 0.1 \left(\frac{S_d(T_C)}{S_d(T_1)} \right)^2} \leq q$$

Tab. 7.2.1 - Fattori di sovrarresistenza γ_{Ra} (fra parentesi quadre è indicato il numero dell'equazione corrispondente)

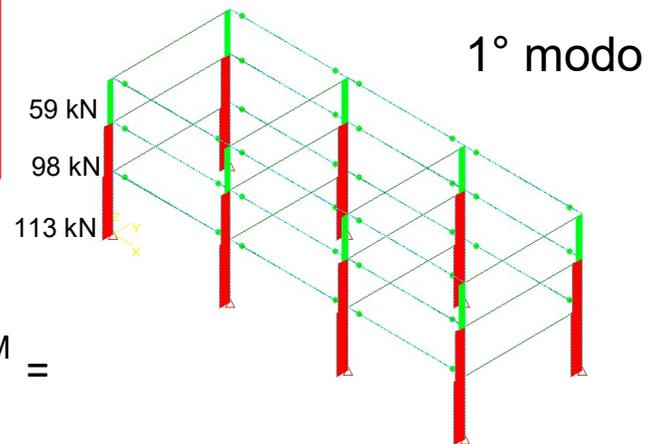
Tipologia strutturale	Elementi strutturali	Progettazione in capacità	γ_{Ra}	
			CD "A"	CD "B"
C.a. gettata in opera	Travi (§ 7.4.4.1.1)	Taglio	1,20	1,10
	Pilastri (§ 7.4.4.2.1)	Pressoflessione [7.4.4]	1,30	1,30
		Taglio [7.4.5]	1,30	1,10
	Nodi trave-pilastro (§ 7.4.4.3.1)	Taglio [7.4.6-7, 7.4.11-12]	1,20	1,10
	Pareti (§ 7.4.4.5.1)	Taglio [7.4.13-14]	1,20	-
C.a. prefabbricata a struttura intelaiata	Collegamenti di tipo a) (§ 7.4.5.2.1)	Flessione e taglio	1,20	1,10
	Collegamenti di tipo b) (§ 7.4.5.2.1)	Flessione e taglio	1,35	1,20
C.a. prefabbricata con pilastri incastrati alla base e orizzontamenti incernierati	Collegamenti di tipo fisso (§ 7.4.5.2.1)	Taglio	1,35	1,20

Taglio (Spettro Cat.C)



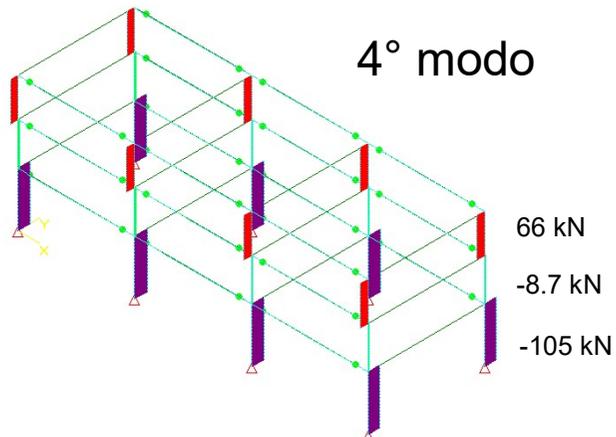
**CALCOLO TAGLIO
DA ANALISI
MODALE
BASE PILASTRO**

Taglio (Spettro Normalizzato)



$$\frac{V_{CQC,SPETTRO RSL NORM}}{V_{CQC,SPETTRO CAT. C}} =$$

4° modo

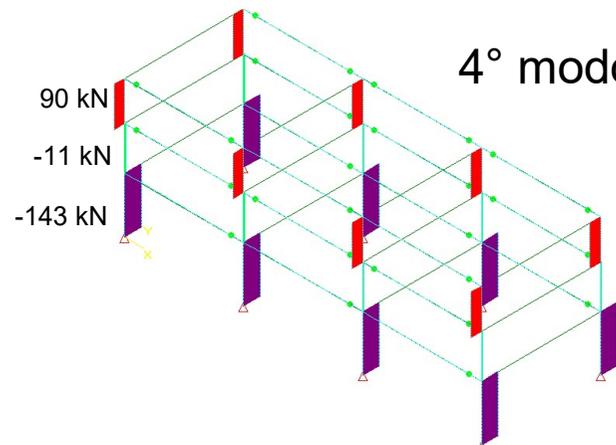


$$= \frac{182}{177} = 1.02$$

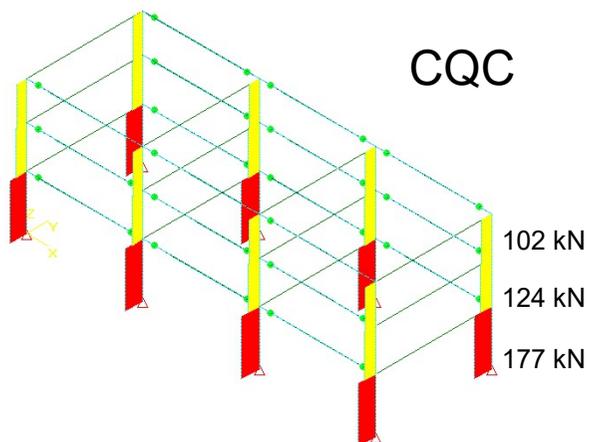


**TAGLIO SUL
PILASTRO
SUPERIORE CON
SPETTRO RSL
NORMALIZZATO
PER EFFETTO
MODI SUPERIORI**

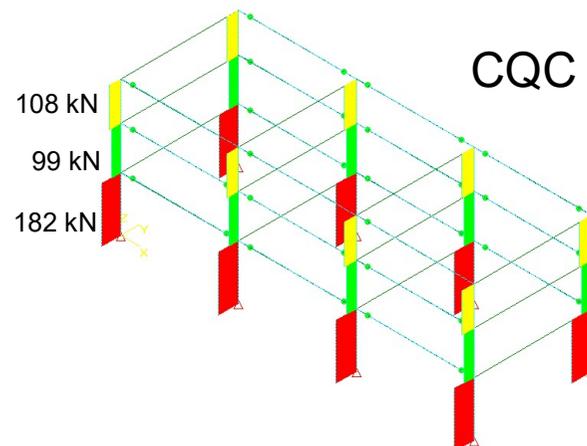
4° modo



CQC

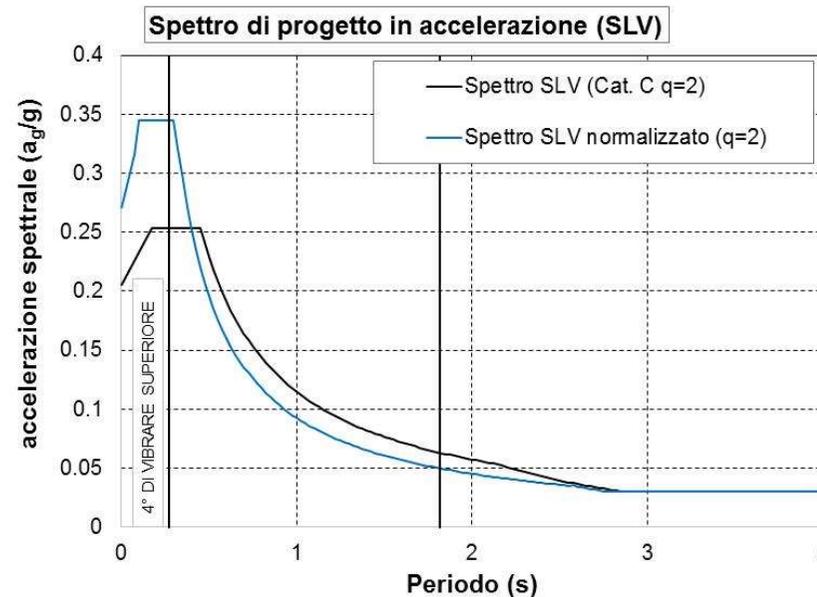


CQC



AMPLIFICAZIONE DEL TAGLIO

$$1.5 \leq q \sqrt{\left(\frac{\gamma_{Rd}}{q} \cdot \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} \right)^2 + 0.1 \left(\frac{S_d(T_C)}{S_d(T_1)} \right)^2} \leq q$$



**SPETTRO
Cat.C**

$$M_{Rd}/M_{Ed} = 1.05$$

$$q = 2$$

$$\gamma_{Rd} = 1.2$$

$$S_d(T_C) = 0.253 \text{ g}$$

$$S_d(T_1) = 0.082 \text{ g}$$

$$\varepsilon = 2.32 \leq q = 2$$

**IN ACCORDO AI CRITERI DI
GERARCHIA DELLE
RESISTENZE DOMANDA A
TAGLIO AMPLIFICATA DI UN
VALORE $\varepsilon = 2$**

**SPETTRO RSL
NORMALIZZATO**

$$M_{Rd}/M_{Ed} = 1.05$$

$$q = 2$$

$$\gamma_{Rd} = 1.2$$

$$S_d(T_C) = 0.253 \text{ g}$$

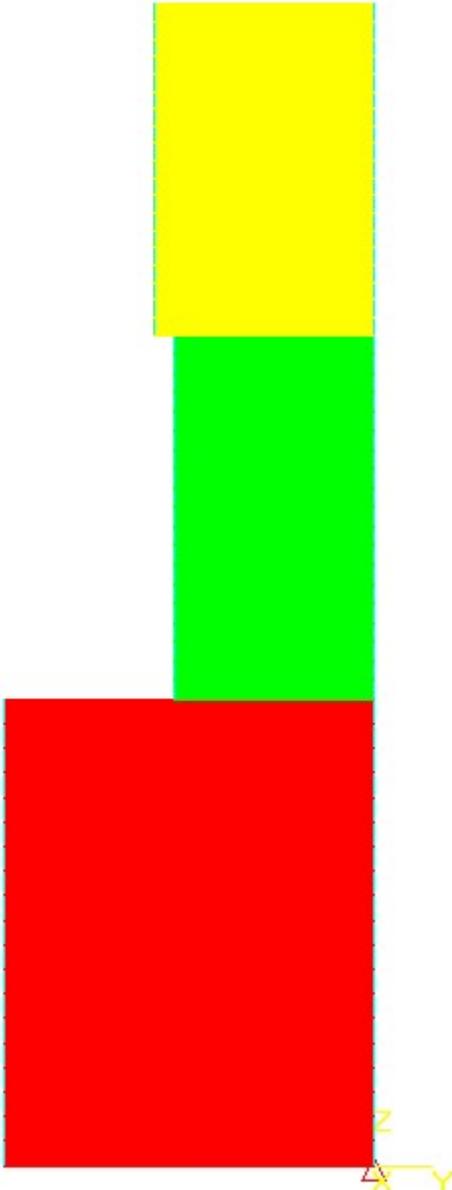
$$S_d(T_1) = 0.062 \text{ g}$$

$$\varepsilon = 3.7 \leq q = 2$$

**CALCOLO DOMANDA NEI
COLLEGAMENTI TRAVE-
PILASTRO**

CALCOLO TAGLIO COLLEGAMENTI

DIAGRAMMA TAGLIO
DA SFORZI EFFICACI



ATT!

NON E' CONSIGLIABILE RICAVARE I
TAGLI SUI COLLEGAMENTI DAL
DIAGRAMMA DEL TAGLIO
OTTENUTO CON LE FORMULE DI
COMBINAZIONE CQC O SRSS
OVVERO DAL DIAGRAMMA DEGLI
SFORZI EFFICACI



SI PERDONO GLI EFFETTI DI
SEGNO DOVUTI ALLE FORME
MODALI

CALCOLO TAGLIO COLLEGAMENTI

DIAGRAMMA TAGLIO MODO DI VIBRARE 1

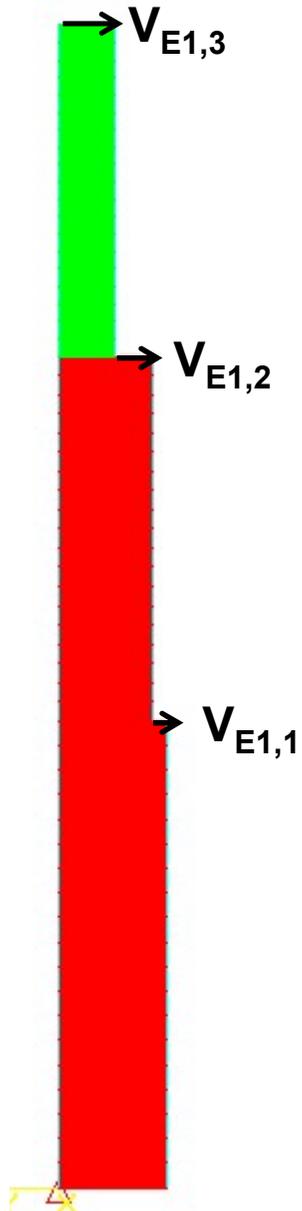
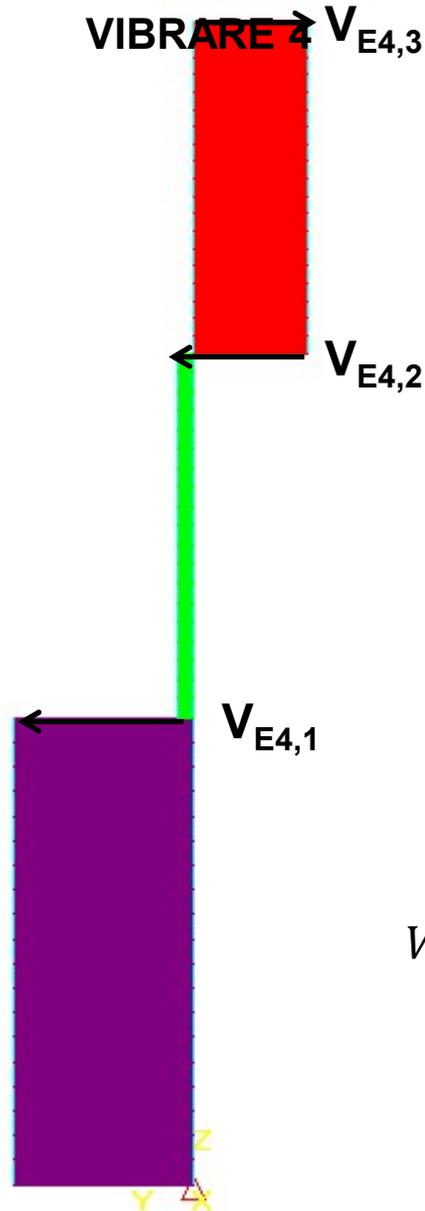


DIAGRAMMA TAGLIO MODO DI VIBRARE 4



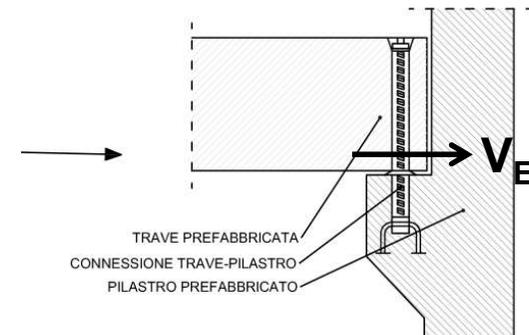
PER OGNI PILASTRO
DAL TAGLIO RELATIVO AD OGNI MODO
DI VIBRARE SI OTTENGONO LE
TAGLIANTI DI PIANO CHE
CORRISPONDONO AI TAGLI SUI
COLLEGAMENTI TRAVE-PILASTRO



SI APPLICA LA COMBINAZIONE
SRSS



$$V_E = \sqrt{V_{E1}^2 + (qV_{E4})^2}$$



CALCOLO TAGLIO COLLEGAMENTI

$$V_E = \sqrt{V_{E1}^2 + (qV_{E4})^2}$$

Spettro Cat. C			Spettro RSL normalizzato						
MODO 1	TAGLIO	TAGLIANTE	MODO 1	TAGLIO	TAGLIANTE				
LV3	75.00	75.00	LV3	59.00	59.00				
LV2	123.00	48.00	LV2	98.00	39.00				
LV1	142.00	19.00	LV1	113.00	15.00				
MODO 4	TAGLIO	TAGLIANTE	MODO 4	TAGLIO	TAGLIANTE				
LV3	66.00	66.00	LV3	90.00	90.00	q=		2	
LV2	-8.70	74.70	LV2	-11.00	-101.00				
LV1	-105.00	-96.30	LV1	-143.00	-132.00				
SRSS		TAGLIANTE	SRSS		TAGLIANTE	<div style="border: 2px solid red; border-radius: 15px; padding: 5px; display: inline-block;"> $V_{Ed, coll. SRL} / N_{ed, coll. Cat. C}$ </div>			
LV3		151.82	LV3		189.42				1.25
LV2		156.92	LV2		205.73				1.31
LV1		193.53	LV1		264.43				1.37



LA DOMANDA A TAGLIO SUI COLLEGAMENTI E' SUPERIORE ADOTTANDO LO SPETTRO RSL NORMALIZZATO

VERIFICHE DEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI

ELEMENTI NON STRUTTURALI (NS) IN EDIFICI PREFABBRICATI

TAMPONAMENTI



CARRO PONTE



IMPIANTI



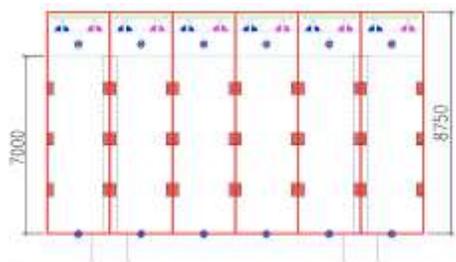
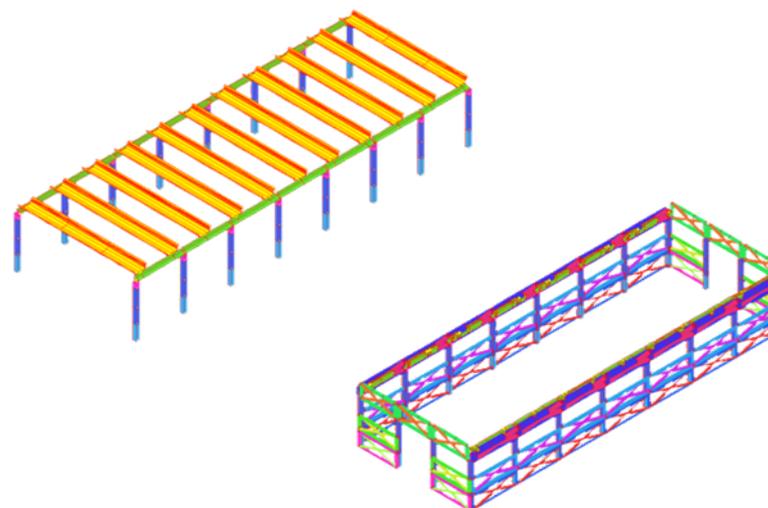
Tab. 7.3.III – Stati limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impianti

STATI LIMITE		CU I	CU II			CU III e IV		
		ST	ST	NS	IM	ST	NS	IM(*)
SLE	SLO					RIG		FUN
	SLD	RIG	RIG			RES		
SLU	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA	STA
	SLC		DUT(**)			DUT(**)		

CALCOLO DELLA DOMANDA: ANALISI DI RIFERIMENTO PER LA PROGETTAZIONE

Nella definizione del modello, gli elementi non strutturali **non appositamente progettati come collaboranti** (quali tamponature e tramezzi) possono essere rappresentati unicamente in termini di massa; il loro contributo al comportamento del sistema strutturale in termini di rigidezza e resistenza sarà considerato solo qualora abbia effetti negativi ai fini della sicurezza.

- Assetto «isostatico» delle connessioni (grandi spostamenti pannello/telaio);
- Assetto «integrato» delle connessioni (grandi resistenze del collegamento pannello/telaio);
- Connessioni dissipative.



VERIFICHE SLV

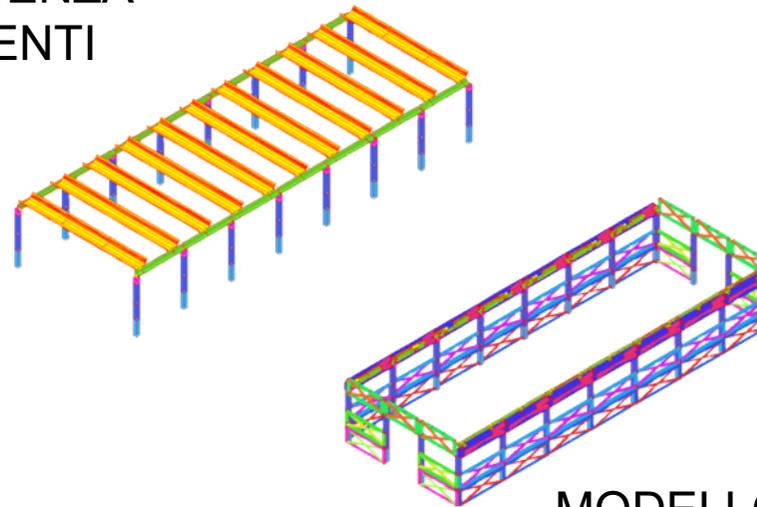
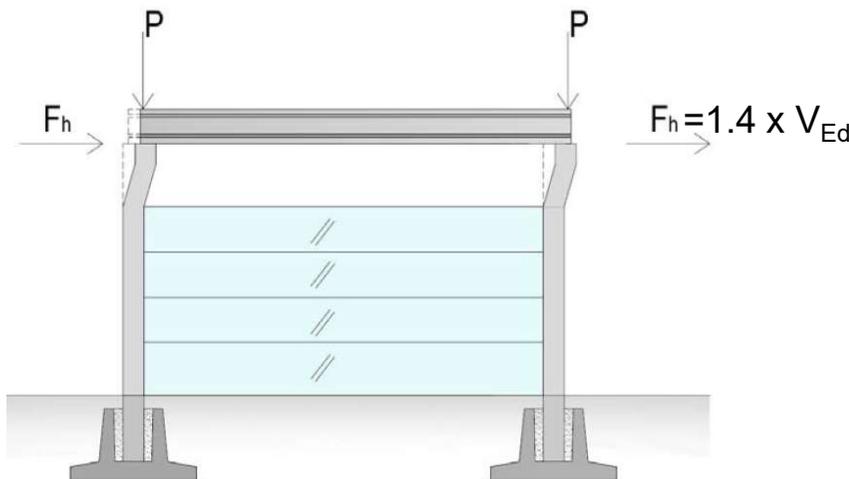
ELEMENTI NON STRUTTURALI (NS)



Se la distribuzione degli elementi non strutturali è **fortemente irregolare in altezza**, deve essere considerata la possibilità di forti concentrazioni di danno ai livelli caratterizzati da significative riduzioni degli elementi non strutturali rispetto ai livelli adiacenti.

Questo requisito s'intende soddisfatto qualora si incrementi di un fattore 1,4 la domanda sismica sugli elementi verticali (pilastri e pareti) dei livelli con significativa riduzione degli elementi non strutturali.

MODELLO SENZA
TAMPONAMENTI

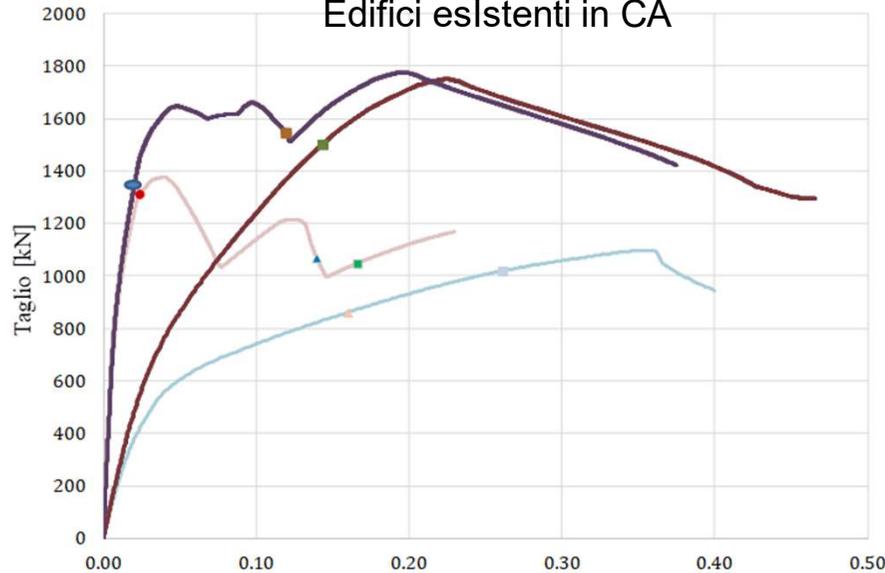


MODELLO CON
TAMPONAMENTI

ELEMENTI NON STRUTTURALI (NS)



Ex: modellazione Istituto Battaglia nell'ambito delle attività unità di ricerca UNIPR nel WP2 Reluis: Edifici esistenti in CA

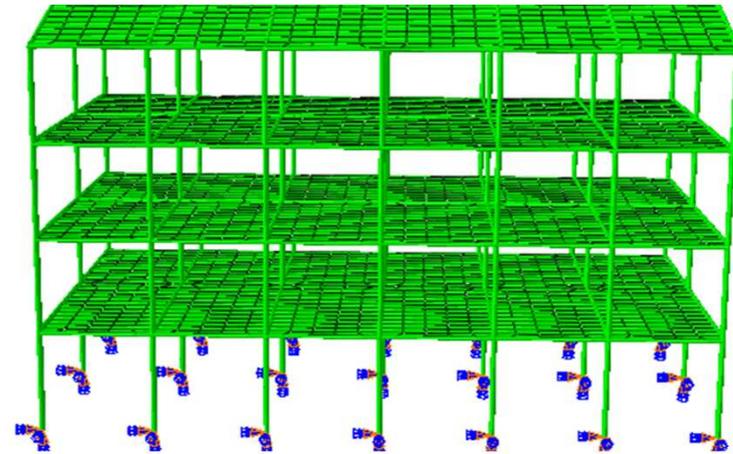


7 dicembre 2018, ore 14.30-17.30 (3 CFP)

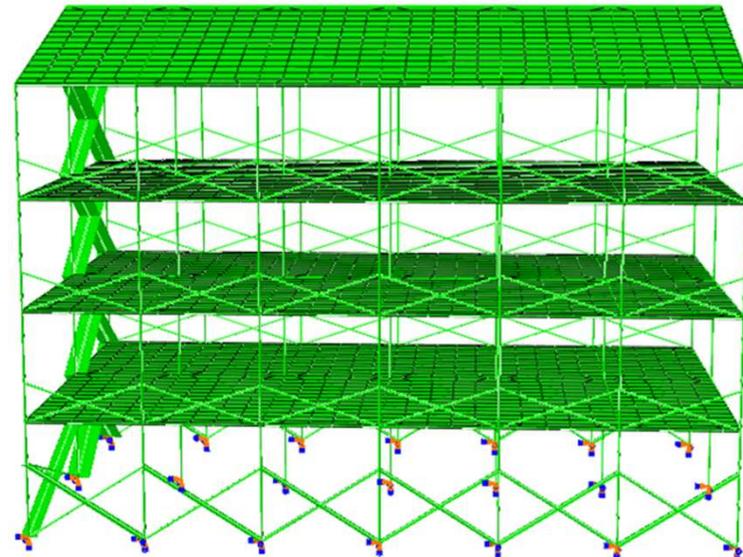
Beatrice Belletti

Tecniche di modellazione non lineare per la valutazione della sicurezza di strutture in CA in accordo alle verifiche richieste dalle normative

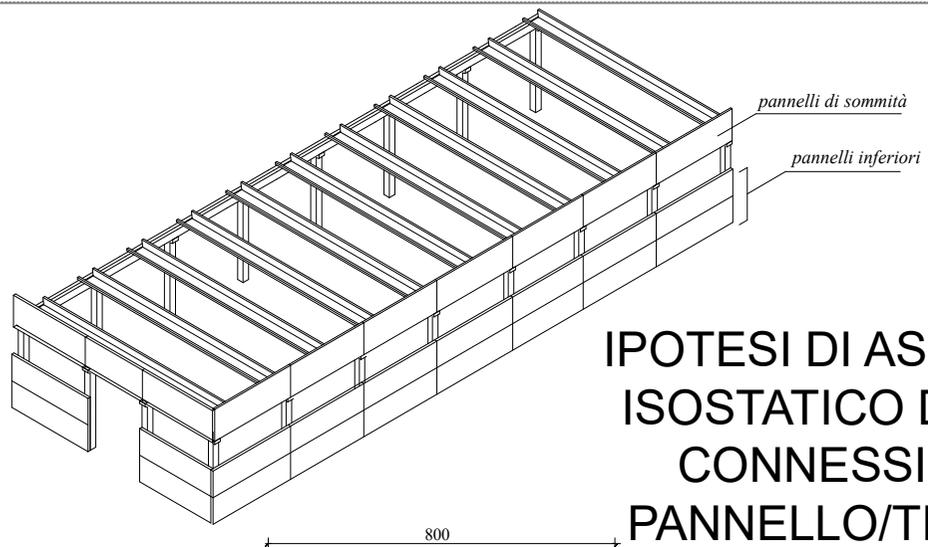
MODELLO SENZA TAMPONAMENTI



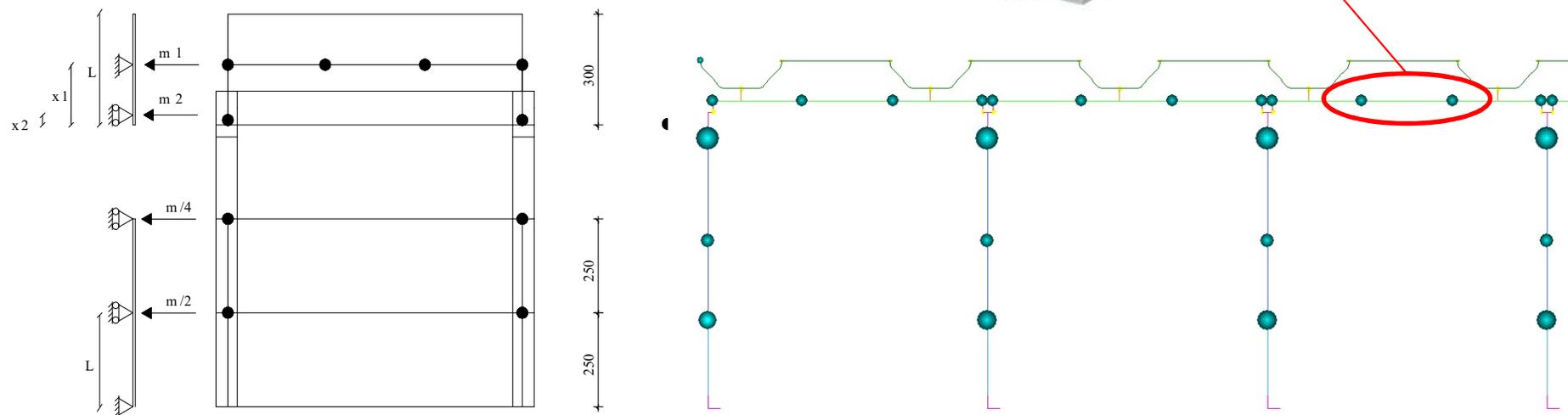
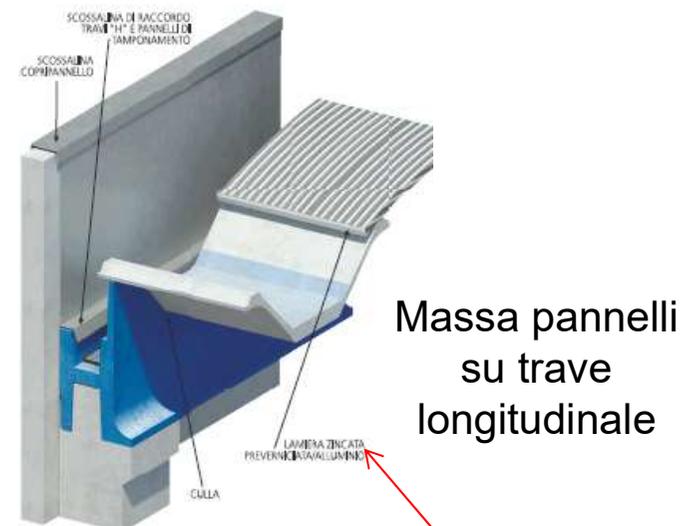
MODELLO CON TAMPONAMENTI



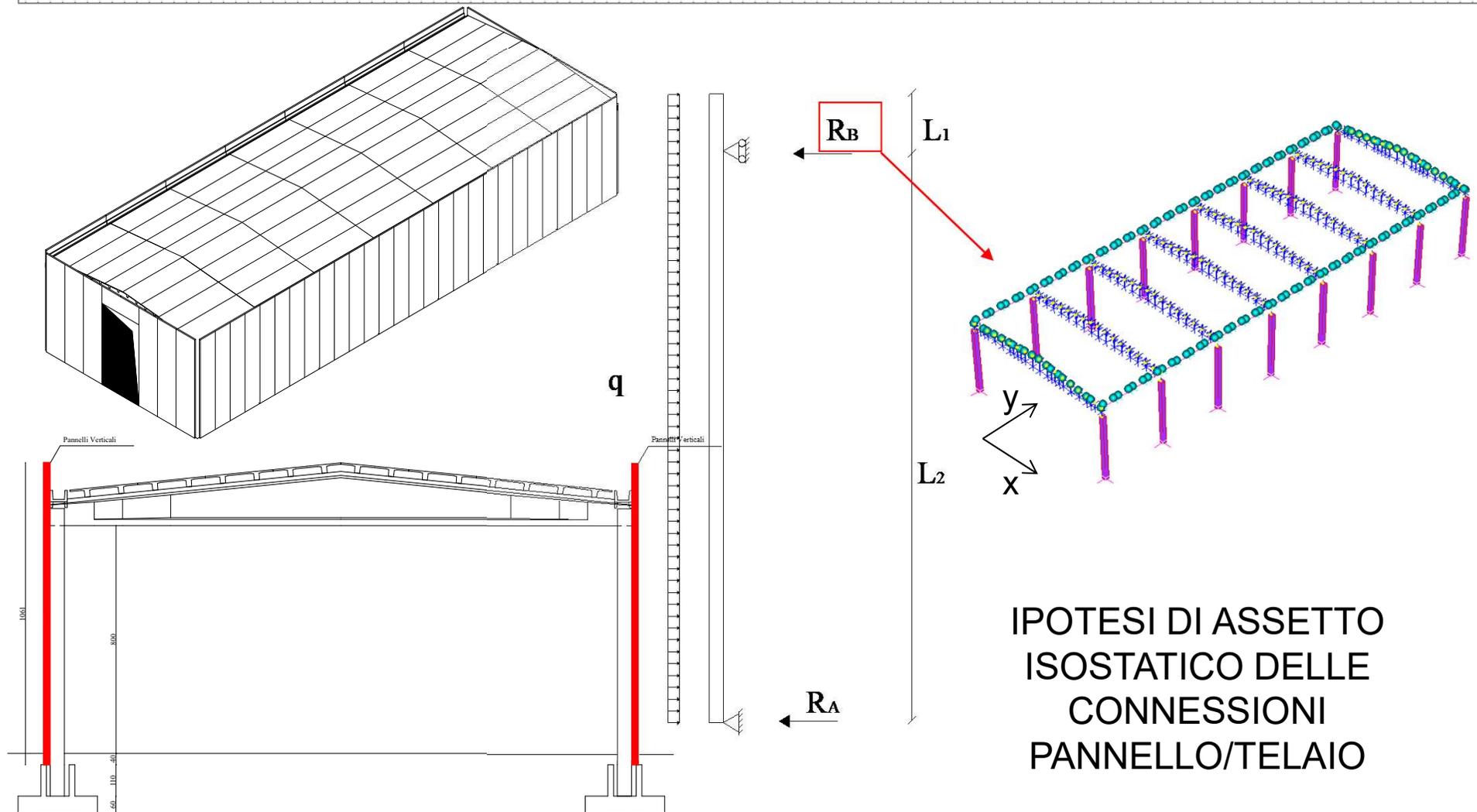
ASPETTI DI MODELLAZIONE DEI PANNELLI ORIZZONTALI



IPOSTESI DI ASSETTO
ISOSTATICO DELLE
CONNESSIONI
PANNELLO/TELAIO



ASPETTI DI MODELLAZIONE DEI PANNELLI VERTICALI

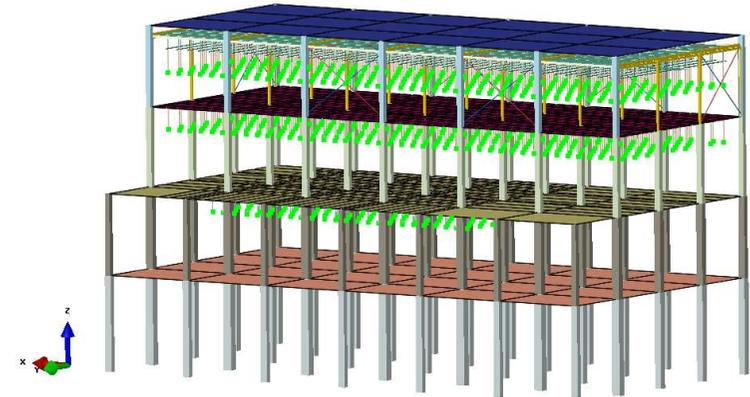


Le immagini riportano sui lati longitudinali del telaio masse sismiche dei tamponamenti associate alla direzione x e lungo il lato trasversale masse sismiche dei tamponamenti associate alla direzione y .

CALCOLO DOMANDA SLV ELEMENTI NON STRUTTURALI

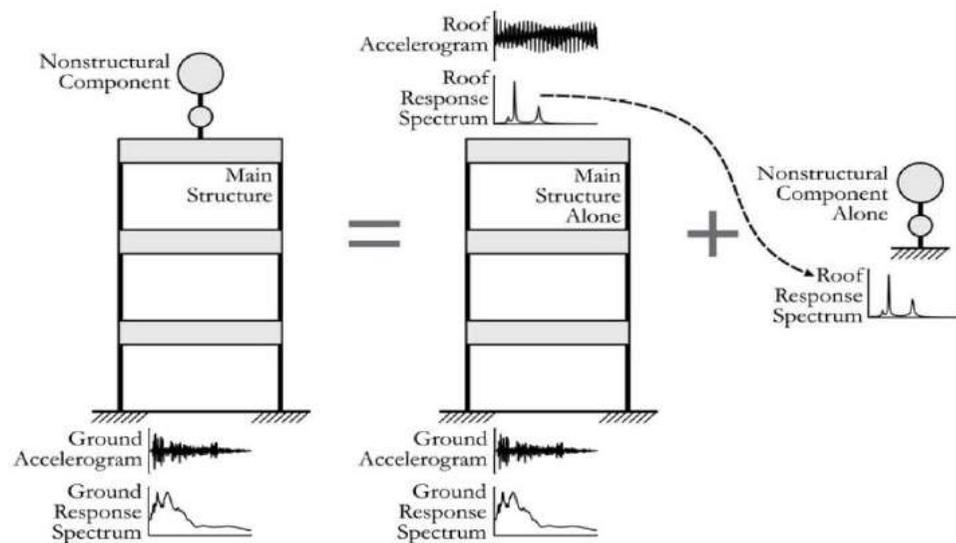
METODI DIRETTI

- Modellazione degli elementi strutturali e degli elementi non strutturali



METODI DI ANALISI A CASCATA

- Modellazione degli elementi strutturali e calcolo della domanda sugli elementi non strutturali effettuato in modo separato



Utilizzo di specifici spettri di risposta di piano

Formulazioni semplificate per costruzioni con struttura a telai

ELEMENTI NON STRUTTURALI (NS) VERIFICHE DI STABILITÀ (STA)

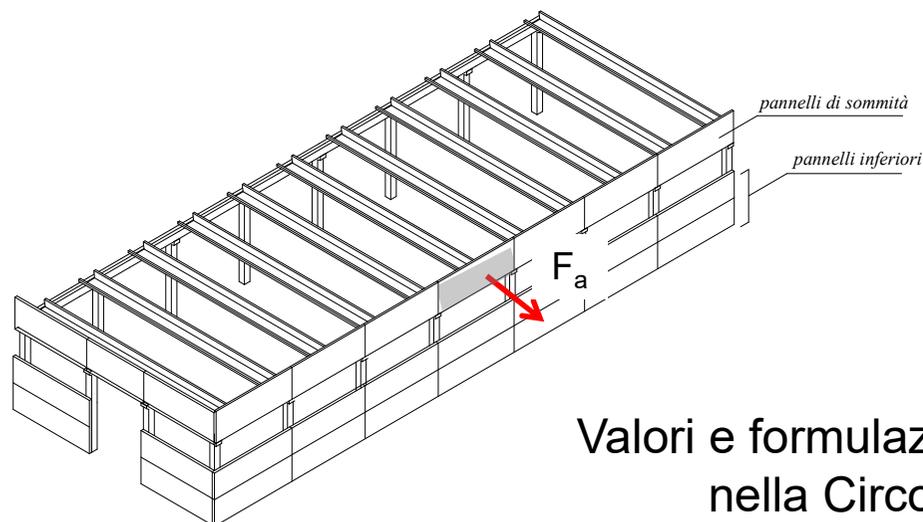
$$F_a = \frac{S_a \cdot W_a}{q_a}$$

S_a è l'accelerazione massima, adimensionalizzata rispetto a quella di gravità, che l'elemento non strutturale subisce durante il sisma e corrisponde allo stato limite in esame (v. § 3.2.1);

W_a è il peso dell'elemento;

q_a è il fattore di comportamento dell'elemento

In assenza di specifiche determinazioni, per S_a e q_a può farsi utile riferimento a documenti di comprovata validità.



Valori e formulazioni per S_a e q_a indicati
nella Circolare 28/07/2018.

CALCOLO DOMANDA SLV ELEMENTI NON STRUTTURALI

Valori di q_a per elementi non strutturali

CIRCOLARE 28/07/18

Elemento non strutturale	q_a
Parapetti o decorazioni aggettanti Insegne e pannelli pubblicitari Comignoli, antenne e serbatoi su supporti funzionanti come mensole senza controventi per più di metà della loro altezza	1,0
Pareti interne ed esterne Tramezzatura e facciate Comignoli, antenne e serbatoi su supporti funzionanti come mensole non controventate per meno di metà della loro altezza o connesse alla struttura in corrispondenza o al di sopra del loro centro di massa Elementi di ancoraggio per armadi e librerie permanenti direttamente poggianti sul pavimento Elementi di ancoraggio per controsoffitti e corpi illuminanti	2,0

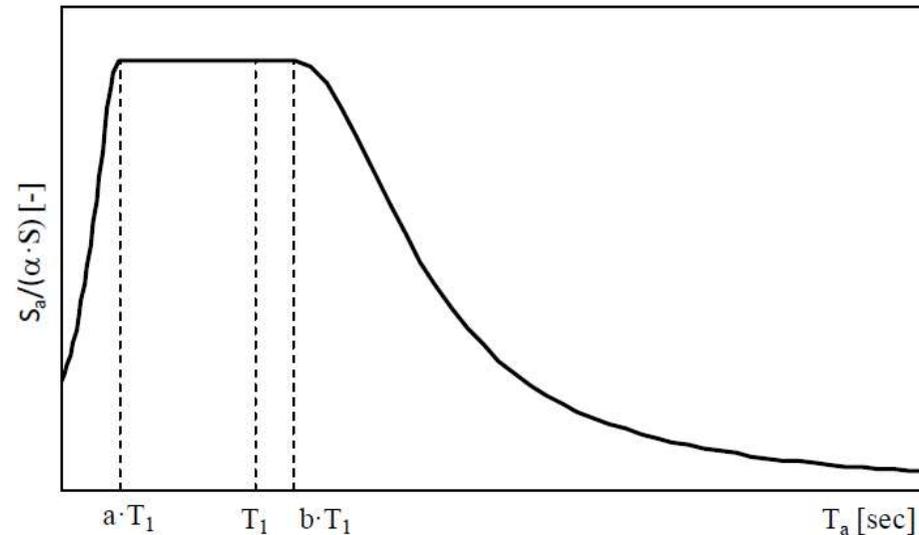
$$S_a(T_a) = \begin{cases} \alpha \cdot S \cdot (1 + z/H) \cdot \frac{a_p}{1 + (a_p - 1) \left(1 - \frac{T_a}{a \cdot T_1}\right)^2} \geq \alpha \cdot S & \text{per } T_a < a \cdot T_1 \\ \alpha \cdot S \cdot (1 + z/H) \cdot a_p & \text{per } a \cdot T_1 < T_a < b \cdot T_1 \\ \alpha \cdot S \cdot (1 + z/H) \cdot \frac{a_p}{1 + (a_p - 1) \left(1 - \frac{T_a}{b \cdot T_1}\right)^2} \geq \alpha \cdot S & \text{per } T_a \geq b \cdot T_1 \end{cases}$$

α : rapporto tra accelerazione massima del terreno a_g su sottosuolo tipo A da considerare nello stato limite in esame e l'accelerazione di gravità g ;

S : coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche

CALCOLO DOMANDA SLV ELEMENTI NON STRUTTURALI

SPETTRI DI PIANO PER COSTRUZIONI CON STRUTTURA A TELAI

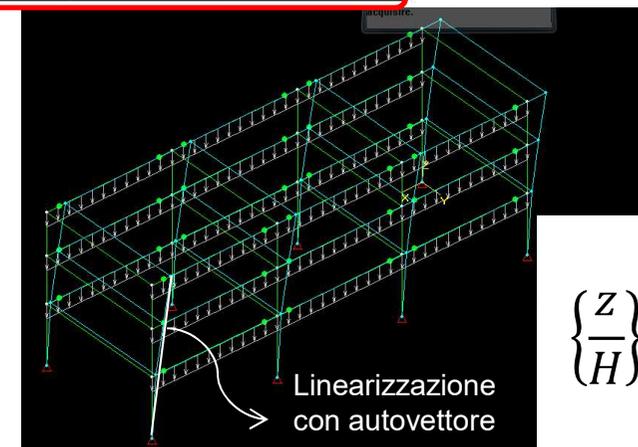


	a	b	a _p
$T_1 < 0,5 \text{ s}$	0,8	1,4	5,0
$0,5 \text{ s} < T_1 < 1,0 \text{ s}$	0,3	1,2	4,0
$T_1 > 1,0 \text{ s}$	0,3	1,0	2,5

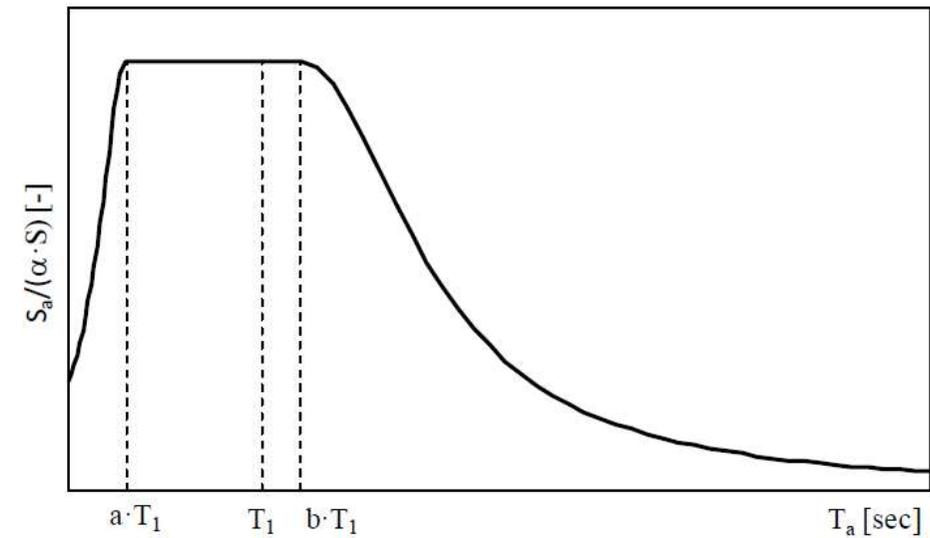
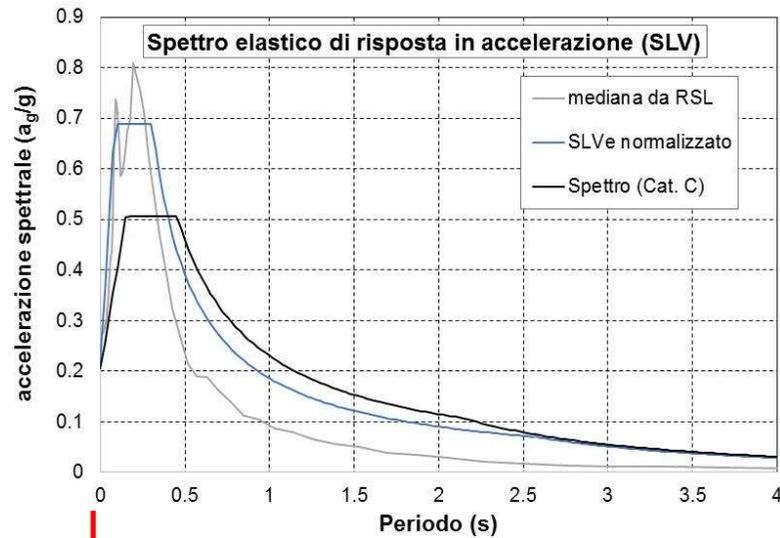
$T_1 = 1.39 \text{ s}$

Gli spettri di risposta di piano, calcolati con la formulazione semplificata, tengono conto di:

- amplificazioni dovute agli effetti dinamici sul singolo elemento non strutturale, legate al suo periodo di oscillazione ed al periodo di vibrazione della struttura,
- Andamento delle accelerazioni linearmente crescente con l'altezza
- Non linearità del sistema e contributo dei modi superiori



CALCOLO DOMANDA SLV ELEMENTI NON STRUTTURALI



SPETTRO da RSL NORMALIZZATO

$$S_e(T=0) = 0.2195 \text{ g}$$

SPETTRO da NTC 2018 Cat. C

$$S_e(T=0) = 0.205 \text{ g}$$



CALCOLO DOMANDA PER
VERIFICHE DI STABILITA' SUI
PANNELLI PIU' IMPEGNATIVA SE
CALCOLATA CON SPETTRO
NORMALIZZATO DA RSL

VERIFICHE SLD

VERIFICHE SLD

7.3.6.1 ELEMENTI STRUTTURALI (ST)

VERIFICHE DI RIGIDEZZA (RIG)

La condizione in termini di rigidità sulla struttura si ritiene soddisfatta qualora la conseguente deformazione degli elementi strutturali non produca sugli elementi non strutturali danni tali da rendere la costruzione temporaneamente inagibile.

Nel caso delle costruzioni civili e industriali, qualora la temporanea inagibilità sia dovuta a spostamenti di interpiano eccessivi, questa condizione si può ritenere soddisfatta quando gli spostamenti di interpiano ottenuti dall'analisi in presenza dell'azione sismica di progetto corrispondente allo *SL* e alla *CU* considerati siano inferiori ai limiti indicati nel seguito.

Per le *CU* I e II ci si riferisce allo *SLD* (v. Tab. 7.3.III) e deve essere:

a) per tamponature collegate rigidamente alla struttura, che interferiscono con la deformabilità della stessa:

$$qd_r \leq 0,0050 \cdot h \quad \text{per tamponature fragili} \quad [7.3.11a]$$

$$qd_r \leq 0,0075 \cdot h \quad \text{per tamponature duttili} \quad [7.3.11b]$$

b) per tamponature progettate in modo da non subire danni a seguito di spostamenti d'interpiano d_{rp} , per effetto della loro deformabilità intrinseca oppure dei collegamenti alla struttura:

$$qd_r \leq d_{rp} \leq 0,0100 \cdot h \quad [7.3.12]$$

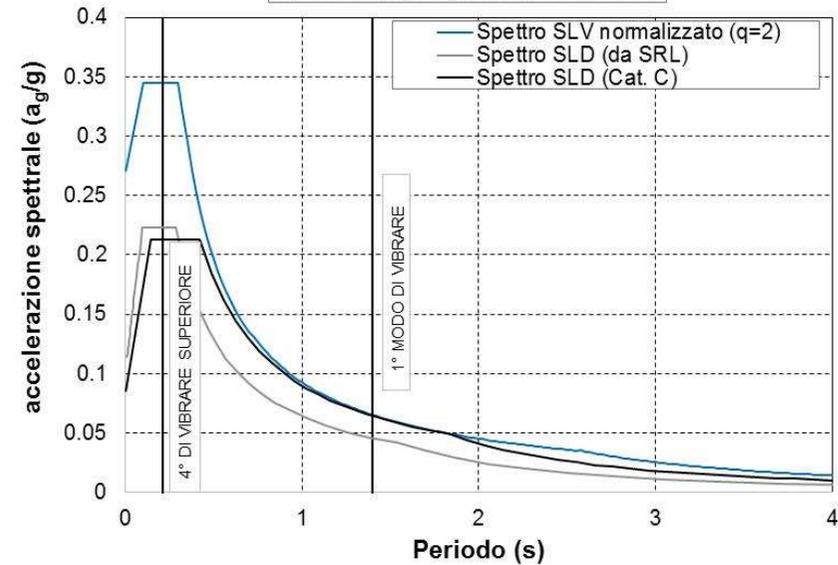
CALCOLO SPOSTAMENTI DI INTERPIANO SLD

Pil.	SPETTRO SLD (Cat. C)	SPETTRO SLD (RSL)	$d_{r,SRL}/d_{r,Cat.C}$
	Spostamento rel.sisma1+sisma2 (cm)	Spostamento rel.sisma1+sisma2 (cm)	
1	1.29	0.93	72.09%
2	1.29	0.93	72.09%
3	1.29	0.93	72.09%
4	1.29	0.93	72.09%
5	1.29	0.93	72.09%
6	1.29	0.93	72.09%
7	1.29	0.93	72.09%
8	1.29	0.93	72.09%
15	2.18	1.54	70.64%
16	2.18	1.54	70.64%
17	2.18	1.54	70.64%
18	2.18	1.54	70.64%
19	2.18	1.54	70.64%
20	2.18	1.54	70.64%
21	2.18	1.54	70.64%
22	2.18	1.54	70.64%
29	2.32	1.65	71.12%
30	2.32	1.65	71.12%
31	2.32	1.65	71.12%
32	2.32	1.65	71.12%
33	2.32	1.65	71.12%
34	2.32	1.65	71.12%
35	2.32	1.65	71.12%
36	2.32	1.65	71.12%

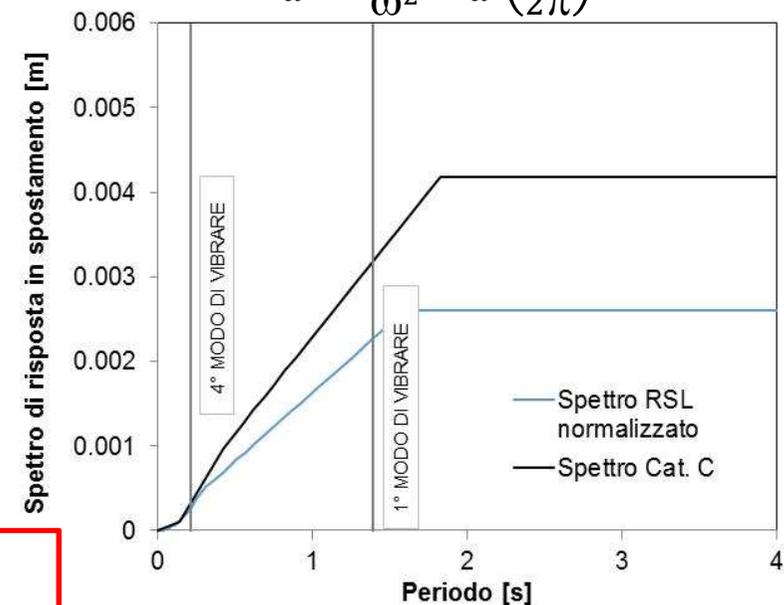


Domanda SLD maggiore con Spettro Cat. C

Spettro di progetto SLV vs SLD



$$S_d = \frac{S_a}{\omega^2} = S_a \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2$$



GRAZIE PER L'ATTENZIONE