



Fossano 15/12/2017

Pushover o Analisi Dinamica Lineare?

Dott. Arch. Ing. Danilo PICCA
Presidente INARSIND Cuneo
Presidente A.G.I.C.



La normativa prevede quattro modi diversi per procedere all'analisi di calcolo delle strutture soggette a sisma.



La normativa prevede quattro modi diversi per procedere all'analisi di calcolo delle strutture soggette a sisma.

- 1 - Analisi lineare statica.
- 2 - Analisi lineare dinamica.
- 3 - Analisi non lineare statica.
- 4 - Analisi non lineare dinamica.



La normativa prevede quattro modi diversi per procedere all'analisi di calcolo delle strutture soggette a sisma.

- 1 - Analisi lineare statica.
- 2 - Analisi lineare dinamica.
- 3 - Analisi non lineare statica.
- 4 - Analisi non lineare dinamica.

Fra le tipologie di analisi, l'analisi lineare statica risulta essere quella più diffusa prima dell'entrata in vigore dell'attuale normativa sismica e dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3274 del 20/03/2003.

Questa metodologia di calcolo risulta, però, applicabile solo entro determinati casi di simmetria e regolarità strutturale che permettono di definire un unico modo principale di vibrare della struttura che la caratterizza in quanto riesce a coinvolgere una massa partecipante molto alta rispetto all'intera struttura. Inoltre, questa metodologia di calcolo permette di valutare solamente la parte lineare del comportamento della struttura da indagare, cioè quella elastica, e che era, peraltro, calcolata con il metodo delle tensioni ammissibili, quindi in maniera coerente con quanto assunto.



Analisi lineare dinamica permette di analizzare le strutture che non hanno, per irregolarità, un modo principale di vibrare sufficientemente preponderante rispetto agli altri.



Analisi lineare dinamica permette di analizzare le strutture che non hanno, per irregolarità, un modo principale di vibrare sufficientemente preponderante rispetto agli altri.

Tale analisi risulta comunque sempre di tipo lineare, ma gli elementi risultano progettati e verificati con il metodo agli stati limite che permette di indagare anche la parte plastica, affidando una quota di resistenza al sisma alla duttilità degli elementi e della struttura che diventa di tipo dissipativa.



Analisi lineare dinamica permette di analizzare le strutture che non hanno, per irregolarità, un modo principale di vibrare sufficientemente preponderante rispetto agli altri.

Tale analisi risulta comunque sempre di tipo lineare, ma gli elementi risultano progettati e verificati con il metodo agli stati limite che permette di indagare anche la parte plastica, affidando una quota di resistenza al sisma alla duttilità degli elementi e della struttura che diventa di tipo dissipativa.

Il comportamento plastico della struttura è indagato con un'analisi lineare facendo affidamento ad un fattore di struttura in grado di abbattere il valore dello spettro elastico considerando che una parte, a volte anche molto grande, dell'energia sismica a cui è soggetta la struttura possa essere dissipata e/o assorbita dalla fase plastica.



L'analisi non lineare statica, invece, prevede la valutazione della capacità di resistere al sisma della struttura tramite un'analisi anche della fase plastica della struttura, analizzando direttamente il comportamento e valutando l'effettiva plasticizzazione e rottura dei vari elementi.



L'analisi non lineare statica, invece, prevede la valutazione della capacità di resistere al sisma della struttura tramite un'analisi anche della fase plastica della struttura, analizzandone direttamente il comportamento e valutando l'effettiva plasticizzazione e rottura dei vari elementi.

Il calcolo, essendo non lineare e quindi facendo riferimento alla fase plastica e dissipativa della struttura, può essere applicato solamente a strutture definite come dissipative e quindi inutile per le strutture calcolate con fattore di struttura unitario.



L'analisi non lineare statica, invece, prevede la valutazione della capacità di resistere al sisma della struttura tramite un'analisi anche della fase plastica della struttura, analizzandone direttamente il comportamento e valutando l'effettiva plasticizzazione e rottura dei vari elementi.

Il calcolo, essendo non lineare e quindi facendo riferimento alla fase plastica e dissipativa della struttura, può essere applicato solamente a strutture definite come dissipative e quindi inutile per le strutture calcolate con fattore di struttura unitario.

Il calcolo degli elementi, in realtà, risulta essere di verifica e non di progetto, poiché per ipotizzare la plasticizzazione e la rottura degli elementi in cemento armato, si deve già aver provveduto ad indicare le sezioni degli elementi, ma ancor più, le quantità di armature longitudinali e trasversali.



L'analisi non lineare statica, invece, prevede la valutazione della capacità di resistere al sisma della struttura tramite un'analisi anche della fase plastica della struttura, analizzandone direttamente il comportamento e valutando l'effettiva plasticizzazione e rottura dei vari elementi.

Il calcolo, essendo non lineare e quindi facendo riferimento alla fase plastica e dissipativa della struttura, può essere applicato solamente a strutture definite come dissipative e quindi inutile per le strutture calcolate con fattore di struttura unitario.

Il calcolo degli elementi, in realtà, risulta essere di verifica e non di progetto, poiché per ipotizzare la plasticizzazione e la rottura degli elementi in cemento armato, si deve già aver provveduto ad indicare le sezioni degli elementi, ma ancor più, le quantità di armature longitudinali e trasversali.

I calcoli di verifica possono essere ovviamente effettuati anche in questo caso con il metodo agli stati limite e l'analisi può essere usata nel caso che la struttura sia dotata di particolari caratteristiche di simmetria e regolarità che permette l'individuazione di un modo di vibrare principale.

INARSIND

SSOCIAZIONE DI INTESA SINDACALE
DEGLI ARCHITETTI E INGEGNERI
LIBERI PROFESSIONISTI ITALIANI

CUNEO



Giovani
Ingegneri
Cuneo

Associazione **Giovani Ingegneri Cuneo**
Le **Nuove Norme Tecniche**, il **Sismabonus** ed il **Cantiere**

L'analisi non lineare dinamica risulta allo stato attuale dello sviluppo degli strumenti informatici è molto onerosa dal punto di vista del tempo di calcolo.



L'analisi non lineare dinamica risulta allo stato attuale dello sviluppo degli strumenti informatici è molto onerosa dal punto di vista del tempo di calcolo.

Tale tipo di analisi è quindi solamente utilizzata a scopi di ricerca e/o in casi particolari: l'analisi non lineare dinamica sarà il probabile sviluppo futuro della progettazione antisismica, ma attualmente non è una soluzione facilmente praticabile.



ANALISI LINEARE DINAMICA

L'analisi dinamica lineare consiste:

- nella determinazione dei modi di vibrare della costruzione (analisi modale),
- nel calcolo degli effetti dell'azione sismica, rappresentata dallo spettro di risposta di progetto, per ciascuno dei modi di vibrare individuati,
- nella combinazione di questi effetti.



ANALISI LINEARE DINAMICA

L'analisi dinamica lineare consiste:

- nella determinazione dei modi di vibrare della costruzione (analisi modale),
- nel calcolo degli effetti dell'azione sismica, rappresentata dallo spettro di risposta di progetto, per ciascuno dei modi di vibrare individuati,
- nella combinazione di questi effetti.

Devono essere considerati tutti i modi con massa partecipante significativa.
È opportuno a tal riguardo considerare tutti i modi con massa partecipante superiore al 5% e comunque un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore all'85%.



L'analisi lineare dinamica risulta essere il tipo di analisi strutturale più utilizzato in questi ultimi anni, per via del maggior sviluppo e utilizzo di software di calcolo tramite PC sempre più veloci e performanti.

Capita spesso, però, che la scelta del tipo di analisi ricada sull'analisi lineare dinamica per uso ed abitudine, più che per una reale esigenza o necessità.

Il fattore di struttura q , è un parametro fondamentale per la modellazione dello spettro di progetto che permette di individuare la forzante sismica.

Infatti, dallo spettro elastico individuato tramite le coordinate del sito su cui verrà realizzato l'edificio, si va a diminuire l'azione sismica sollecitante la struttura in progetto tramite il fattore di struttura q .



L'analisi lineare dinamica risulta essere il tipo di analisi strutturale più utilizzato in questi ultimi anni, per via del maggior sviluppo e utilizzo di software di calcolo tramite PC sempre più veloci e performanti.

Capita spesso, però, che la scelta del tipo di analisi ricada sull'analisi lineare dinamica per uso ed abitudine, più che per una reale esigenza o necessità.

Il fattore di struttura q , è un parametro fondamentale per la modellazione dello spettro di progetto che permette di individuare la forzante sismica.

Infatti, dallo spettro elastico individuato tramite le coordinate del sito su cui verrà realizzato l'edificio, si va a diminuire l'azione sismica sollecitante la struttura in progetto tramite il fattore di struttura q .

Il fattore di struttura indica la capacità della struttura di dissipare l'energia che si imbatte su sé stessa nel caso di un evento sismico.



La capacità di dissipare energia è chiamata anche duttilità.

Si distinguono tre tipi di duttilità:

- 1 - duttilità del materiale
- 2 - duttilità dell'elemento
- 3 - duttilità della struttura.



La capacità di dissipare energia è chiamata anche duttilità.

Si distinguono tre tipi di duttilità:

- 1 - duttilità del materiale
- 2 - duttilità dell'elemento
- 3 - duttilità della struttura.

La duttilità del materiale è quella caratteristica che tiene in considerazione il materiale una volta uscito dal suo campo elastico e tenendo in considerazione che abbia un significativo campo plastico in grado di determinare un'ampia deformazione prima della rottura definitiva.

Un materiale con un'elevata duttilità è un materiale che garantisce una dissipazione di una quantità maggiore di energia a cui viene sottoposto prima della sua rottura.



La duttilità dell'elemento, invece, è da riferirsi non più alla deformazione del singolo materiale, bensì alle grandezze che rappresentano il comportamento d'insieme dell'elemento strutturale.

Per meglio comprendere, nel caso di un'asta e nell'ipotesi di conservazione delle sezioni piane, il concio di trave soggetto ad un momento flettente compie una rotazione relativa che in fase elastica è proporzionale allo stesso momento flettente. Incrementando l'azione agente, il comportamento flessionale del concio di trave a cavallo della sezione critica, può essere descritto in termini di momento flettente e curvatura.

Si intende per duttilità dell'elemento, in questo caso della sezione dell'elemento, il rapporto fra la curvatura ultima, cioè quella che produce la rottura della sezione, è quella di plasticizzazione, cioè quella corrispondente alla formazione della cerniera plastica.



Si intende per duttilità della struttura il comportamento deformativo della struttura atto a dissipare energia in campo plastico, prima della rottura di un elemento.

La duttilità della struttura, risulta essere una conseguenza di quella dei singoli elementi, ma anche del modo in cui gli stessi interagiscono fra di loro nel comportamento globale dell'opera sottoposta alle azioni esterne.

La duttilità di struttura, risulta fortemente influenzata dalla regolarità della struttura perchè sarà duttile quanto permetterà la duttilità dell'elemento meno duttile che, valutate le sollecitazioni in gioco, raggiungerà probabilmente la rottura per primo ed influenzerà tutto il complesso strutturale limitando la duttilità.



Se gli elementi strutturali risultano essere tutti simili, avranno tutti quanti una simile duttilità; al contrario elementi molto diversi fra loro avranno duttilità molto diverse e fra queste ve ne sarà sicuramente uno, o alcuni, con duttilità decisamente inferiore ad altri che raggiungerà la rottura poco dopo essersi plasticizzato senza dare la possibilità di formazione di altre zone di plasticizzazione, quindi dissipazione negli altri elementi.

A livello qualitativo, si può sostenere facilmente che aumentando l'eterogeneità degli elementi sarà più probabile che qualcuno di essi crollerà molto prima degli altri: quanto prima crollerà, meno duttilità avrà la struttura nel suo insieme.

La regolarità della struttura, è dunque un parametro fondamentale per ottenere una buona duttilità strutturale.

La duttilità di una struttura è influenzata dal materiale con cui questa è costruita, dalle dimensioni dei singoli elementi, sezione, lunghezza, altezza e dalla variabilità dimensionale dei singoli elementi che vanno a comporre l'intero organismo tridimensionale della stessa.



L'utilizzo di un fattore di struttura alto indica una buona fiducia rispetto alle capacità di dissipazione dell'energia; significa cioè considerare che la struttura abbia un comportamento globale plastico sufficiente a garantire la dissipazione di una grande quantità di energia.

Si fa notare come un ampio campo plastico, indichi la possibilità della struttura di avere ampie deformazioni: consegue che una struttura con un fattore di struttura elevato si deformerà molto di più durante il sisma e quindi si danneggerà in misura maggiore.

Il contenimento del fattore di struttura risulta particolarmente indicato per gli edifici pubblici individuati come strategici, per i quali è prescritto un particolare contenimento del danno SLD con verifica anche del livello di operatività SLO, in modo che la struttura possa essere utilizzata senza interruzioni durante le operazioni di soccorso post-sisma.



Si deve ancora aggiungere che un fattore di struttura elevato sottintende anche che vi sia la formazione di numerose cerniere plastiche in grado di dissipare energia, da cui, in base ai ragionamenti precedenti si sottintende una buona regolarità strutturale.

Le cerniere plastiche, come già indicato in maniera intuitiva, si localizzano nelle sezioni di estremità delle travi e dei pilastri.



Si deve ancora aggiungere che un fattore di struttura elevato sottintende anche che vi sia la formazione di numerose cerniere plastiche in grado di dissipare energia, da cui, in base ai ragionamenti precedenti si sottintende una buona regolarità strutturale.

Le cerniere plastiche, come già indicato in maniera intuitiva, si localizzano nelle sezioni di estremità delle travi e dei pilastri.



Si deve ancora aggiungere che un fattore di struttura elevato sottintende anche che vi sia la formazione di numerose cerniere plastiche in grado di dissipare energia, da cui, in base ai ragionamenti precedenti si sottintende una buona regolarità strutturale.

Le cerniere plastiche, come già indicato in maniera intuitiva, si localizzano nelle sezioni di estremità delle travi e dei pilastri.

DA QUESTO DISCENDE LA GRANDE ATTENZIONE CHE SI DEVE METTERE NELLA PROGETTAZIONE DEI NODI.



ANALISI NON LINEARE STATICA

L'analisi non lineare statica consiste nell'applicare alla struttura i carichi gravitazionali e, per la direzione considerata dell'azione sismica, un sistema di forze orizzontali distribuite, ad ogni livello della costruzione, proporzionalmente alle forze d'inerzia ed aventi risultante (taglio alla base) Fb.



ANALISI NON LINEARE STATICA

L'analisi non lineare statica consiste nell'applicare alla struttura i carichi gravitazionali e, per la direzione considerata dell'azione sismica, un sistema di forze orizzontali distribuite, ad ogni livello della costruzione, proporzionalmente alle forze d'inerzia ed aventi risultante (taglio alla base) Fb.

Tali forze sono scalate in modo da far crescere monotonamente, sia in direzione positiva che negativa e fino al raggiungimento delle condizioni di collasso locale o globale, lo spostamento orizzontale dc di un punto di controllo coincidente con il centro di massa dell'ultimo livello della costruzione (sono esclusi eventuali torrini). Il diagramma Fb - dc rappresenta la curva di capacità della struttura.



ANALISI NON LINEARE STATICA

L'analisi non lineare statica consiste nell'applicare alla struttura i carichi gravitazionali e, per la direzione considerata dell'azione sismica, un sistema di forze orizzontali distribuite, ad ogni livello della costruzione, proporzionalmente alle forze d'inerzia ed aventi risultante (taglio alla base) F_b .

Tali forze sono scalate in modo da far crescere monotonamente, sia in direzione positiva che negativa e fino al raggiungimento delle condizioni di collasso locale o globale, lo spostamento orizzontale dc di un punto di controllo coincidente con il centro di massa dell'ultimo livello della costruzione (sono esclusi eventuali torrini). Il diagramma $F_b - dc$ rappresenta la curva di capacità della struttura.

Questo tipo di analisi può essere utilizzato soltanto se ricorrono le condizioni di applicabilità nel seguito precisate per le distribuzioni principali (Gruppo 1).



In tal caso esso si utilizza per gli scopi e nei casi seguenti:

- valutare i rapporti di sovrarigidità α_u/α_1 di cui ai §§ 7.4.3.2, 7.4.5.1, 7.5.2.2, 7.6.2.2, 7.7.3, 7.8.1.3 e 7.9.2.1;
- verificare l'effettiva distribuzione della domanda inelastica negli edifici progettati con il fattore di struttura q ;
- come metodo di progetto per gli edifici di nuova costruzione sostitutivo dei metodi di analisi lineari;
- come metodo per la valutazione della capacità di edifici esistenti.



In tal caso esso si utilizza per gli scopi e nei casi seguenti:

- valutare i rapporti di sovreresistenza $au/a1$ di cui ai §§ 7.4.3.2, 7.4.5.1, 7.5.2.2, 7.6.2.2, 7.7.3, 7.8.1.3 e 7.9.2.1;
- verificare l'effettiva distribuzione della domanda inelastica negli edifici progettati con il fattore di struttura q ;
- come metodo di progetto per gli edifici di nuova costruzione sostitutivo dei metodi di analisi lineari;
- **come metodo per la valutazione della capacità di edifici esistenti.**



In tal caso esso si utilizza per gli scopi e nei casi seguenti:

- valutare i rapporti di sovrarigidità α_u/α_1 di cui ai §§ 7.4.3.2, 7.4.5.1, 7.5.2.2, 7.6.2.2, 7.7.3, 7.8.1.3 e 7.9.2.1;
- verificare l'effettiva distribuzione della domanda inelastica negli edifici progettati con il fattore di struttura q ;
- come metodo di progetto per gli edifici di nuova costruzione sostitutivo dei metodi di analisi lineari;
- come metodo per la valutazione della capacità di edifici esistenti.

Si devono considerare almeno due distribuzioni di forze d'inerzia, ricadenti l'una nelle distribuzioni principali (Gruppo 1) e l'altra nelle distribuzioni secondarie (Gruppo 2) appresso illustrate.



Gruppo 1 - Distribuzioni principali

- distribuzione proporzionale alle forze statiche di cui al § 7.3.3.2, applicabile solo se il modo di vibrare fondamentale nella direzione considerata ha una partecipazione di massa non inferiore al 75% ed a condizione di utilizzare come seconda distribuzione la 2 a);
- distribuzione corrispondente ad una distribuzione di accelerazioni proporzionale alla forma del modo di vibrare, applicabile solo se il modo di vibrare fondamentale nella direzione considerata ha una partecipazione di massa non inferiore al 75%;
- distribuzione corrispondente alla distribuzione dei tagli di piano calcolati in un'analisi dinamica lineare, applicabile solo se il periodo fondamentale della struttura è superiore a TC.



Gruppo 2 - Distribuzioni secondarie

- a) distribuzione uniforme di forze, da intendersi come derivata da una distribuzione uniforme di accelerazioni lungo l'altezza della costruzione;
- b) distribuzione adattiva, che cambia al crescere dello spostamento del punto di controllo in funzione della plasticizzazione della struttura.

L'analisi richiede che al sistema strutturale reale venga associato un sistema strutturale equivalente ad un grado di libertà.

INARSIND

ASSOCIAZIONE DI INTESA SINDACALE
DEGLI ARCHITETTI E INGEGNERI
LIBERI PROFESSIONISTI ITALIANI

CUNEO



Giovani
Ingegneri
Cuneo

Associazione **Giovani Ingegneri Cuneo**
Le **Nuove Norme Tecniche**, il **Sismabonus** ed il **Cantiere**

LA CIRCOLARE INDICA QUALE ANALISI STRUTTURALE EFFETTUARE ANCHE IN BASE AL LIVELLO DI CONOSCENZA

Tabella C8A.1.2 – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei fattori di confidenza per edifici in calcestruzzo armato o in acciaio

Livello di Conoscenza	Geometria (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1		Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>imitate</i> verifiche in-situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>imitate</i> prove in-situ	Analisi lineare statica o dinamica	1.35
LC2	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo completo	Disegni costruttivi incompleti con limitate verifiche in situ oppure estese verifiche in-situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con limitate prove in-situ oppure estese prove in-situ	Tutti	1.20
LC3		Disegni costruttivi completi con limitate verifiche in situ oppure esaustive verifiche in-situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con estese prove in situ oppure esaustive prove in-situ	Tutti	1.00

Tabella C8A.1.3a – Definizione orientativa dei livelli di rilievo e prove per edifici in c.a.

	Rilievo (dei dettagli costruttivi)(a)	Prove (sui materiali) (b)(c)
	Per ogni tipo di elemento "primario" (trave, pilastro...)	
Verifiche limitate	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 15% degli elementi	1 provino di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 1 campione di armatura per piano dell'edificio
Verifiche estese	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 35% degli elementi	2 provini di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 2 campioni di armatura per piano dell'edificio
Verifiche esaustive	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 50% degli elementi	3 provini di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 3 campioni di armatura per piano dell'edificio

Tabella C8A.1.3b – Definizione orientativa dei livelli di rilievo e prove per edifici in acciaio

	Rilievo (dei collegamenti)(a)	Prove (sui materiali) (b)
	Per ogni tipo di elemento "primario" (trave, pilastro...)	
Verifiche limitate	Le caratteristiche dei collegamenti sono verificate per almeno il 15% degli elementi	1 provino di acciaio per piano dell'edificio, 1 campione di bullone o chiodo per piano dell'edificio
Verifiche estese	Le caratteristiche dei collegamenti sono verificate per almeno il 35% degli elementi	2 provini di acciaio per piano dell'edificio, 2 campioni di bullone o chiodo per piano dell'edificio
Verifiche esaustive	Le caratteristiche dei collegamenti sono verificate per almeno il 50% degli elementi	3 provini di acciaio per piano dell'edificio, 3 campioni di bullone o chiodo per piano dell'edificio

NOTE ESPLICATIVE ALLA TABELLA C8A.1.3 (a, b)

Le percentuali di elementi da verificare ed il numero di provini da estrarre e sottoporre a prove di resistenza riportati nella Tabella C8A.1.3 hanno valore indicativo e vanno adattati ai singoli casi, tenendo conto dei seguenti aspetti:

(a) Nel controllo del raggiungimento delle percentuali di elementi indagati ai fini del rilievo dei dettagli costruttivi si tiene conto delle eventuali situazioni ripetitive, che consentono di estendere ad una più ampia percentuale i controlli effettuati su alcuni elementi strutturali facenti parte di una serie con evidenti caratteristiche di ripetibilità, per uguale geometria e ruolo nello schema strutturale.

Tabella C8A.1.1 – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti valori dei fattori di confidenza per edifici in muratura

Livello di Conoscenza	Geometria	Dettagli costruttivi	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1		verifiche in situ limitate	Indagini in situ limitate Resistenza: valore minimo di Tabella C8A.2.1 Modulo elastico: valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1		1.35
LC2	Rilievo muratura, volte, solai, scale. Individuazione carichi gravanti su ogni elemento di parete Individuazione tipologia fondazioni. Rilievo eventuale quadro fessurativo e deformativo		Indagini in situ estese Resistenza: valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1 Modulo elastico: media delle prove o valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1 Indagini in situ esaustive		1.20
LC3		verifiche in situ estese ed esaustive	-caso a) (disponibili 3 o più valori sperimentali di resistenza) Resistenza: media dei risultati delle prove Modulo elastico: media delle prove o valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1 -caso b) (disponibili 2 valori sperimentali di resistenza) Resistenza: se valore medio sperimentale compreso in intervallo di Tabella C8A.2.1, valore medio dell'intervallo di Tabella C8A.2.1; se valore medio sperimentale maggiore di estremo superiore intervallo, quest'ultimo; se valore medio sperimentale inferiore al minimo dell'intervallo, valore medio sperimentale. Modulo elastico: come LC3 – caso a). -caso c) (disponibile 1 valore sperimentale di resistenza) Resistenza: se valore sperimentale compreso in intervallo di Tabella C8A.2.1, oppure superiore, valore medio dell'intervallo; se valore sperimentale inferiore al minimo dell'intervallo, valore sperimentale. Modulo elastico: come LC3 – caso a).	Tutti	1.00



Tabella C8A.2.1 - Valori di riferimento dei parametri meccanici (minimi e massimi) e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura, riferiti alle seguenti condizioni: malta di caratteristiche scarse, assenza di ricorsi (listature), paramenti semplicemente accostati o mal collegati, muratura non consolidata, tessitura (nel caso di elementi regolari) a regola d'arte; f_m = resistenza media a compressione della muratura, τ_0 = resistenza media a taglio della muratura, E = valore medio del modulo di elasticità normale, G = valore medio del modulo di elasticità tangenziale, W = peso specifico medio della muratura

Tipologia di muratura	f_m (N/cm ²) Min-max	τ_0 (N/cm ²)		E (N/mm ²)		G (N/mm ²)		W (kN/m ³)
		min-max	min-max	min-max	min-max	min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	100 180	2,0 3,2	2,0 3,2	690 1050	230 350			19
Muratura a conci sbalzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	200 300	3,5 5,1	3,5 5,1	1020 1440	340 480			20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	260 380	5,6 7,4	5,6 7,4	1500 1980	500 660			21
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	140 240	2,8 4,2	2,8 4,2	900 1260	300 420			16
Muratura a blocchi lapidei squadrai	600 800	9,0 12,0	9,0 12,0	2400 3200	780 940			22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	240 400	6,0 9,2	6,0 9,2	1200 1800	400 600			18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura $\leq 40\%$)	500 800	24 32	24 32	3500 5600	875 1400			15
Muratura in blocchi laterizi semipieni (perc. foratura < 45%)	400 600	30,0 40,0	30,0 40,0	3600 5400	1080 1620			12
Muratura in blocchi laterizi semipieni, con giunti verticali a secco (perc. foratura < 45%)	300 400	10,0 13,0	10,0 13,0	2700 3600	810 1080			11
Muratura in blocchi di calcestruzzo o argilla espansa (perc. foratura tra 45% e 65%)	150 200	9,5 12,5	9,5 12,5	1200 1600	300 400			12
Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (foratura < 45%)	300 440	18,0 24,0	18,0 24,0	2400 3520	600 880			14



Tabella C8A.2.2 - Coefficienti correttivi dei parametri meccanici (indicati in Tabella C8A.2.1) da applicarsi in presenza di: malta di caratteristiche buone o ottime; giunti sottili; ricorsi o listature; sistematiche connessioni trasversali; nucleo interno particolarmente scadente e/o ampio; consolidamento con iniezioni di malta; consolidamento con intonaco armato.

Tipologia di muratura	Malta buona	Giunti sottili (<10 mm)	Ricorsi o listature	Connessione trasversale	Nucleo scadente e/o ampio	Iniezione di miscela leganti	Intonaco armato *
Muratura in pietrae disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,5	-	1,3	1,5	0,9	2	2,5
Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e	1,4	1,2	1,2	1,5	0,8	1,7	2
Muratura in pietra a spacco con buona tessitura	1,3	-	1,1	1,3	0,8	1,5	1,5
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,5	1,5	-	1,5	0,9	1,7	2
Muratura a blocchi lapidei squadrati	1,2	1,2	-	1,2	0,7	1,2	1,2
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	1,5	1,5	-	1,3	0,7	1,5	1,5

* Valori da ridurre convenientemente nel caso di pareti di notevole spessore (p.es. > 70 cm).

INARSIND

SSOCIAZIONE DI INTESA SINDACALE
DEGLI ARCHITETTI E INGEGNERI
LIBERI PROFESSIONISTI ITALIANI

CUNEO



Giovani
Ingegneri
Cuneo

Associazione **Giovani Ingegneri Cuneo**
Le **Nuove Norme Tecniche**, il **Sismabonus** ed il **Cantiere**

COSA BISOGNA FARE?

PUSHOVER O ANALISI DINAMICA LINEARE?
Presidente **INARSIND Cuneo** Dott. Arch. Ing. **DANILO PICCA**

INARSIND

SSOCIAZIONE DI INTESA SINDACALE
DEGLI ARCHITETTI E INGEGNERI
LIBERI PROFESSIONISTI ITALIANI

CUNEO



Giovani
Ingegneri
Cuneo

Associazione **Giovani Ingegneri Cuneo**
Le **Nuove Norme Tecniche**, il **Sismabonus** ed il **Cantiere**

...O MEGLIO...

PUSHOVER O ANALISI DINAMICA LINEARE?
Presidente **INARSIND Cuneo** Dott. Arch. Ing. **DANILO PICCA**

INARSIND

SSOCIAZIONE DI INTESA SINDACALE
DEGLI ARCHITETTI E INGEGNERI
LIBERI PROFESSIONISTI ITALIANI

CUNEO



Giovani
Ingegneri
Cuneo

Associazione **Giovani Ingegneri Cuneo**
Le **Nuove Norme Tecniche**, il **Sismabonus** ed il **Cantiere**

COSA SIAMO TENUTI A SOTTOSCRIVERE E DICHIARARE?

PUSHOVER O ANALISI DINAMICA LINEARE?
Presidente **INARSIND Cuneo** Dott. Arch. Ing. **DANILO PICCA**



I passaggi per realizzare un intervento con detrazioni

Operativamente, per accedere al Beneficio Fiscale:

- Il **proprietario** che intende accedere al beneficio, incarica un professionista della valutazione della classe di rischio e della predisposizione del progetto di intervento;
- Il **professionista** individua la classe di Rischio della costruzione nello stato di fatto **prima dell'intervento**;
- Il professionista progetta l'intervento di riduzione del rischio sismico e determina la classe di Rischio della costruzione **a seguito del completamento dell'intervento**;
- Il professionista **assevera i valori delle classi di rischio e l'efficacia dell'intervento**;
- il proprietario può procedere ai primi pagamenti delle fatture ricevute;
- Il **direttore dei lavori e il collaudatore statico** attestano al termine dell'intervento la conformità come da progetto;
- per la **cessione del credito** (possibile per i soli interventi realizzati nei condomini) seguirà provvedimento Agenzia delle Entrate.

(12)

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Servizio Tecnico Centrale



I passaggi per realizzare un intervento con detrazioni

Operativamente, per accedere al Beneficio Fiscale:

- Il **proprietario** che intende accedere al beneficio, incarica un professionista della valutazione della classe di rischio e della predisposizione del progetto di intervento;
- Il **professionista** individua la classe di Rischio della costruzione nello stato di fatto **prima dell'intervento**;
- Il professionista progetta l'intervento di riduzione del rischio sismico e determina la classe di Rischio della costruzione **a seguito del completamento dell'intervento**;
- Il professionista **assevera i valori delle classi di rischio e l'efficacia dell'intervento**;
- il proprietario può procedere ai primi pagamenti delle fatture ricevute;
- Il **direttore dei lavori e il collaudatore statico** attestano al termine dell'intervento la conformità come da progetto;
- per la **cessione del credito** (possibile per i soli interventi realizzati nei condomini) seguirà provvedimento Agenzia delle Entrate.

(12)

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Servizio Tecnico Centrale



I passaggi per realizzare un intervento con detrazioni

Operativamente, per accedere al Beneficio Fiscale:

- Il **proprietario** che intende accedere al beneficio, incarica un professionista della valutazione della classe di rischio e della predisposizione del progetto di intervento;
- Il **professionista** individua la classe di Rischio della costruzione nello stato di fatto **prima dell'intervento**;
- Il professionista progetta l'intervento di riduzione del rischio sismico e determina la classe di Rischio della costruzione **a seguito del completamento dell'intervento**;
- Il professionista **assevera i valori delle classi di rischio e l'efficacia dell'intervento**;
- il proprietario può procedere ai primi pagamenti delle fatture ricevute;
- Il **direttore dei lavori e il collaudatore statico** attestano al termine dell'intervento la conformità come da progetto;
- per la **cessione del credito** (possibile per i soli interventi realizzati nei condomini) seguirà provvedimento Agenzia delle Entrate.

(12)

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Servizio Tecnico Centrale

ALLEGATO B

ASSEVERAZIONE AI SENSI DELL'ART. 4 COMMA 1 DEL DECRETO MINISTERIALE _____

CLASSIFICAZIONE SISMICA DELLA COSTRUZIONE

situata nel COMUNE DI _____, al/ai seguente/i indirizzo/i _____

riportata al catasto al Foglio n. _____ Particella/e n. _____ sub. n. _____

Coordinate geografiche di due spigoli opposti della costruzione (VGS 94 - grandi decimali - fuso 32-33)	
Spigolo 1	Lat. Lon.
Spigolo 2	Lat. Lon.

Il sottoscritto _____ nato a _____ in _____ n. _____ C.F. _____ iscritto _____

all'Ordine _____ della Prov. di _____ n. iscriz. _____, consapevole delle responsabilità penali e disciplinari in caso di mendaci dichiarazioni,

PIU'MESSO

- che è in possesso dei requisiti richiesti dall'art. 3 del Decreto Ministeriale n. _____ del _____
- che opera nella qualità di tecnico incaricato di effettuare⁽¹⁾:

- la Classificazione del Rischio Sismico dello stato di fatto della costruzione sopra individuata;
- il progetto per la riduzione del Rischio sismico della costruzione sopra indicata e la relativa Classificazione del Rischio Sismico conseguente l'intervento progettato;

ASSEVERA
 LA SEGUENTE DICHIARAZIONE

⁽¹⁾ Altrimenti la casella, o le caselle, di interesse.

Dalle analisi della costruzione emerge quanto segue:

STATO DI FATTO (prima dell'intervento):

- Classe di Rischio della costruzione⁽¹⁾: A+ A B C D E F G
- Valore dell'indice di sicurezza strutturale (S-V)⁽²⁾: _____ %
- Valore della Perdita Annua Media (PAM)⁽³⁾: _____ %
- Linea Guida, utilizzata come base di riferimento per le valutazioni, approvata con D.M. n. _____ del _____/_____/20____; successivi aggiornamenti del _____/_____/20____;
- classe di rischio attribuita utilizzando il metodo: convenzionale semplificato
- si allega la relazione illustrativa dell'attività conoscitiva svolta e dei risultati raggiunti;

STATO CONSEGUENTE L'INTERVENTO PROGETTATO⁽⁴⁾

- Classe di Rischio della costruzione⁽¹⁾: A+ A B C D E F G
- Valore dell'indice di sicurezza strutturale (S-V)⁽²⁾: _____ %
- Valore della Perdita Annua Media (PAM)⁽³⁾: _____ %
- Linea Guida, utilizzata come base di riferimento per le valutazioni, approvata con D.M. n. _____ del _____/_____/20____; successivi aggiornamenti del _____/_____/20____;
- classe di rischio attribuita utilizzando il metodo: convenzionale semplificato
- estremi del Deposito/Autorizzazione al Genio Civile, ai sensi delle autorizzazioni in zona sismica, n. _____ del _____/_____/20____;
- si allega la relazione illustrativa dell'attività conoscitiva svolta e dei risultati raggiunti, inerenti la valutazione relativa alla situazione post- intervento.

EFFETTO DELLA MITIGAZIONE DEL RISCHIO CONSEGUITO MEDIANTE L'INTERVENTO PROGETTATO⁽⁴⁾

Gli interventi strutturali progettati consentono una riduzione del Rischio Sismico della costruzione ed il passaggio di un numero di Classi di Rischio, rispetto alla situazione ante opera, pari a: n. 1 classe n. 2 o più classi

Data _____ Timbro e firma _____

⁽¹⁾ Alle lettere che identificano la Classe di Rischio aggiungere il simbolo (*) se attribuita con il metodo semplificato.
⁽²⁾ Da omettere per attribuzioni effettuate con il metodo semplificato.
⁽³⁾ Sezione da compilare quando si attribuisce la Classe di Rischio in conseguenza della redazione di un progetto di intervento strutturale.

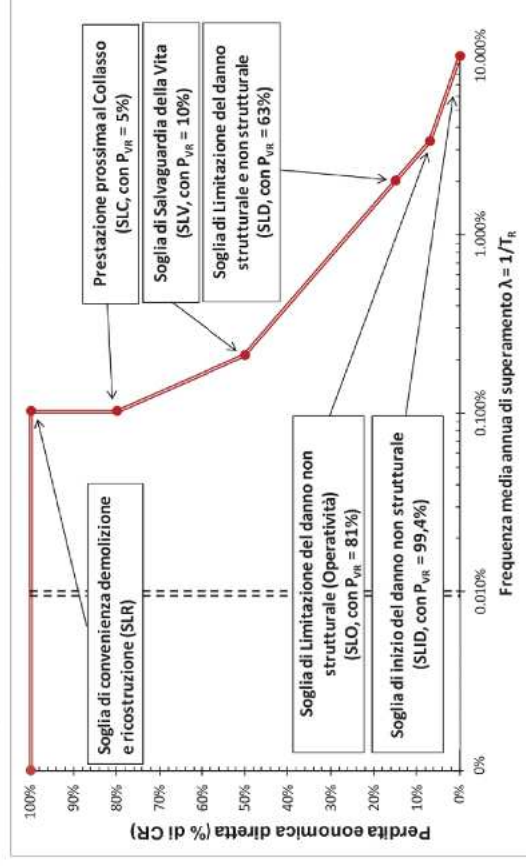
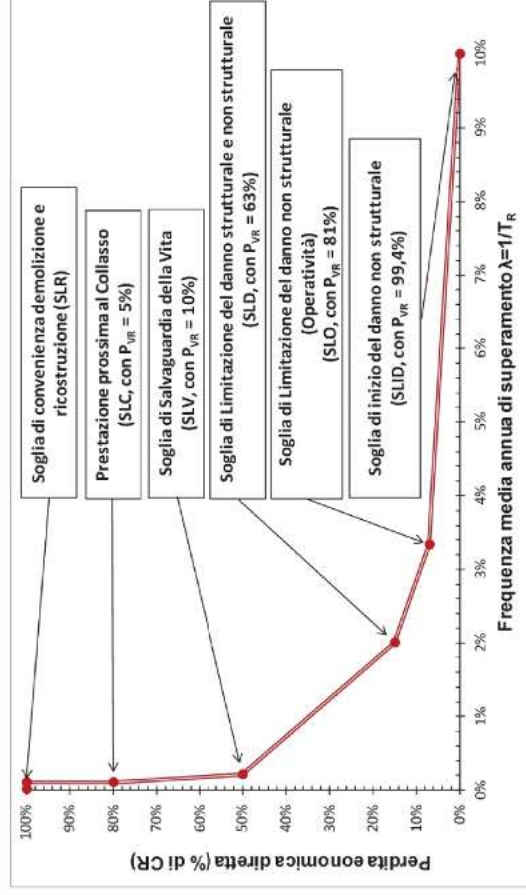


Figura 1– Andamento della curva che individua il PAM, riferito a una costruzione con vita nominale 50 anni e appartenente alla classe d'uso II. Nell'immagine a destra, per meglio individuare i punti prossimi all'asse delle ordinate, le ascisse sono in scala logaritmica.



Perdita Media Annua attesa (PAM)	Classe PAM
$PAM \leq 0,50\%$	A_{PAM}^+
$0,50\% < PAM \leq 1,0\%$	A_{PAM}
$1,0\% < PAM \leq 1,5\%$	B_{PAM}
$1,5\% < PAM \leq 2,5\%$	C_{PAM}
$2,5\% < PAM \leq 3,5\%$	D_{PAM}
$3,5\% < PAM \leq 4,5\%$	E_{PAM}
$4,5\% < PAM \leq 7,5\%$	F_{PAM}
$7,5\% \leq PAM$	G_{PAM}

Tabella 1 – Attribuzione della Classe di Rischio PAM in funzione dell'entità delle Perdite medie annue attese

Indice di Sicurezza	Classe IS-V
$100\% < IS-V$	A_{IS-V}^+
$80\% \leq IS-V < 100\%$	A_{IS-V}
$60\% \leq IS-V < 80\%$	B_{IS-V}
$45\% \leq IS-V < 60\%$	C_{IS-V}
$30\% \leq IS-V < 45\%$	D_{IS-V}
$15\% \leq IS-V < 30\%$	E_{IS-V}
$IS-V \leq 15\%$	F_{IS-V}

Tabella 2 – Attribuzione della Classe di Rischio IS-V in funzione dell'entità dell'Indice di Sicurezza



A titolo indicativo, una costruzione con periodo di riferimento VR pari a 50 anni, le cui prestazioni siano puntualmente pari ai minimi di quelle richieste dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni per un edificio di nuova costruzione (e dunque che raggiunge i diversi stati limite esattamente per i valori di periodo di ritorno dell'azione sismica previsti dalle norme) ha un valore di PAM che la colloca in Classe PAM B (il valore di PAM è, in questo caso, pari a 1,13%). Un'analoga costruzione, ma con periodo di riferimento VR pari a 75 anni o a 100 anni ha un valore di PAM che la colloca al limite della Classe PAM A (il valore di PAM è, in questo caso, pari a 0,87% per VR = 75 anni e pari a 0,74% per VR = 100 anni).

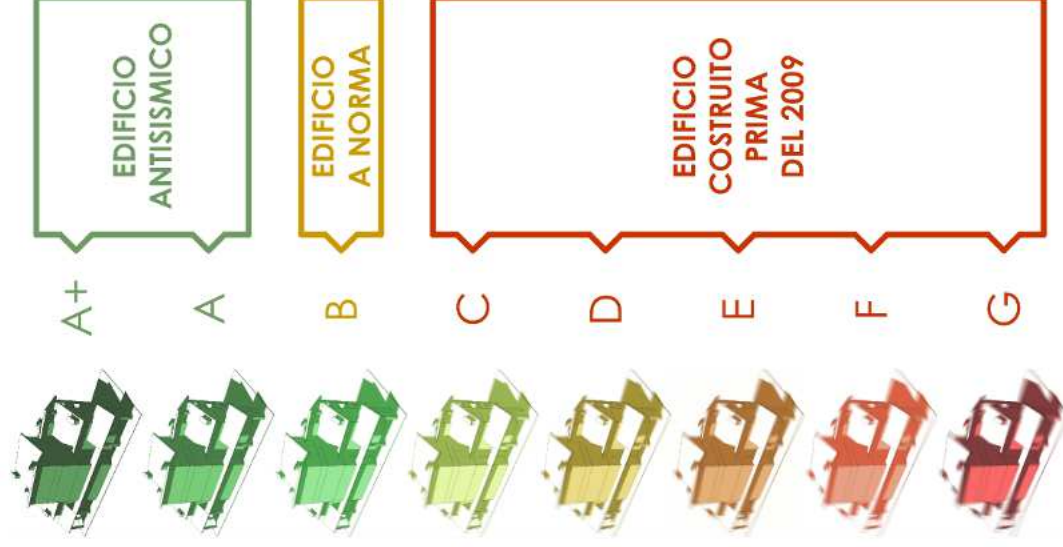


A titolo indicativo, una costruzione con periodo di riferimento VR pari a 50 anni, le cui prestazioni siano puntualmente pari ai minimi di quelle richieste dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni per un edificio di nuova costruzione (e dunque che raggiunge i diversi stati limite esattamente per i valori di periodo di ritorno dell'azione sismica previsti dalle norme) ha un valore di PAM che la colloca in Classe PAM B (il valore di PAM è, in questo caso, pari a 1,13%). Un'analoga costruzione, ma con periodo di riferimento VR pari a 75 anni o a 100 anni ha un valore di PAM che la colloca al limite della Classe PAM A (il valore di PAM è, in questo caso, pari a 0,87% per VR = 75 anni e pari a 0,74% per VR = 100 anni).

Convenzionalmente, ai fini dell'applicazione delle presenti Linee Guida, è possibile considerare periodi di ritorno dell'azione sismica inferiori a 30 anni, scalando proporzionalmente le ordinate dello spettro associato al periodo di ritorno di 30 anni. Tale procedura non si applica per periodi di ritorno inferiori a 10 anni.



A titolo indicativo, una costruzione la cui capacità, in termini di accelerazione di picco al suolo associata allo SLV pari a quella richiesta dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni per un edificio di nuova costruzione e caratterizzato dalla medesima vita nominale e classe d'uso, ha un valore di IS-V che lo colloca in Classe IS-V A.



INARSIND

ASSOCIAZIONE DI INTESA SINDACALE
DEGLI ARCHITETTI E INGEGNERI
LIBERI PROFESSIONISTI ITALIANI

CUNEO



Giovani
Ingegneri
Cuneo

Associazione **Giovani Ingegneri Cuneo**
Le **Nuove Norme Tecniche**, il **Sismabonus** ed il **Cantiere**

PROVIAMO A FARE ALCUNE VALUTAZIONI SU UNA STRUTTURA RITROVABILE IN LETTERATURA

PUSHOVER O ANALISI DINAMICA LINEARE?
Presidente **INARSIND Cuneo** Dott. Arch. Ing. **DANILO PICCA**



Come fabbricato oggetto di verifica si è scelto una palestra, con struttura portante in c.a. prefabbricato, il cui progetto risale alla fine degli anni '70.

L'edificio ha una pianta rettangolare, di dimensioni 42 x 18 m; l'ossatura portante presenta 8 telai trasversali, ciascuno costituito da una coppia di pilastri di sezione 40x50 cm e altezza di circa 8 m e da una trave di copertura a sezione variabile. La copertura è realizzata mediante solai in latero-cemento, con soletta collaborante gettata in opera. Il rivestimento esterno della palestra è realizzato tramite pannelli in c.a.p. verticali, poggianti alla base su travi portapannelli e vincolati superiormente alle travi di copertura e di gronda.

Le fondazioni sono di tipo diretto (plinti a bicchiere). L'edificio presenta le vulnerabilità tipiche delle strutture prefabbricate realizzate in epoca antecedente all'entrata in vigore della più recente classificazione sismica del territorio nazionale: inadeguatezza delle strutture portanti nei confronti dell'azione sismica e mancanza di collegamenti efficaci tra le strutture prefabbricate.

INARSIND

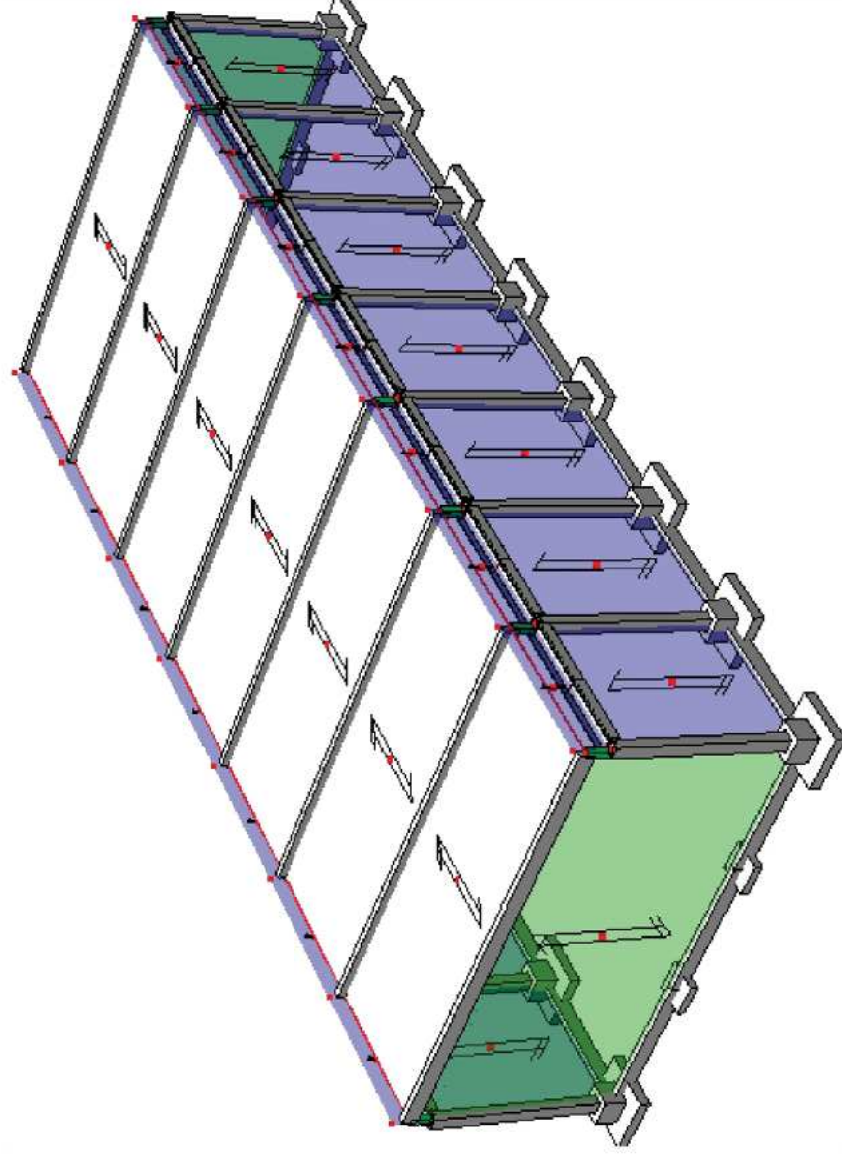
ASSOCIAZIONE DI INTESA SINDACALE
DEGLI ARCHITETTI E INGEGNERI
LIBERI PROFESSIONISTI ITALIANI

CUNEO



Giovani
Ingegneri
Cuneo

Associazione **Giovani Ingegneri Cuneo**
Le **Nuove Norme Tecniche**, il **Sismabonus** ed il **Cantiere**



PUSHOVER O ANALISI DINAMICA LINEARE?

Presidente **INARSIND Cuneo** Presidente **A.G.I.C.** Dott. Arch. Ing. **DANILO PICCA**



La costruzione è caratterizzata da una classe d'uso III ($cu = 1.5$), da cui i valori dell'accelerazione di picco al suolo di domanda, PGA_D , per gli stati limite presi in esame:

Tempi di ritorno e domande			
	SLO	SLD	SLV
T_{rD} (anni)	45	75	712
PGA_D (g)	0.0518	0.0635	0.1516



Analisi di vulnerabilità condotte in ambito elastico

Lo studio della struttura in ambito elastico è condotto utilizzando un'analisi dinamica, con spettri desunti da quelli elastici previsti da NTC 08, ridotti per un determinato fattore di struttura.

Fattore di struttura $q = 3.3$ struttura "a telaio di un piano", regolare in pianta e in altezza.

Nella modellazione della struttura occorre definire in maniera opportuna le proprietà dei materiali sulla base del livello di conoscenza raggiunto; per la struttura in esame, si ipotizza un livello di conoscenza LC3, corrispondente ad un fattore di confidenza pari a 1.

Con le sollecitazioni risultanti da questa prima analisi si eseguono le verifiche previste, in modo da evidenziare eventuali carenze presenti. In caso di verifiche non soddisfatte, si riduce l'azione sismica applicando coefficienti riduttivi alla PGA prevista dalla norma (d'ora in poi denominata PGAD).



L'azione sismica andrà ridotta fino ad ottenere la frazione di PGA tale per cui le verifiche risultano soddisfatte in tutti gli elementi: tale valore coincide con la capacità della struttura in termini di PGA (d'ora in poi denominata PGAC).

Le NTC 2008 consentono, nel caso di strutture esistenti, di analizzare il solo Stato Limite Ultimo; al fine della classificazione sismica ai sensi del DM 28/2/2017 è necessaria anche la valutazione almeno dello Stato Limite di Danno, perciò si procederà alla sua valutazione; sarà valutato anche lo Stato Limite di Operatività, essendo molto semplice per la struttura in esame.



Procedendo con l'analisi i massimi valori del coefficiente di sfruttamento risultano pari a 2.83; le verifiche sono pertanto non soddisfatte. Scalando opportunamente l'azione sismica, a parità delle altre azioni, si può ottenere il moltiplicatore che porta ad avere un coefficiente di utilizzo prossimo all'unità. Il coefficiente per il quale si verifica questa situazione è risultato pari a 0.34, corrispondente ad una $PGAC = 0.05154g$.

Il valore di 0.34 corrisponde all'indice di rischio I_r , o a_u , calcolato ai sensi dell'ordinanza n. 3362/2004.

Volendo determinare la $PGAC$ corrispondente allo SLD e allo SLO, si opera con un procedimento analogo agendo sulle verifiche di deformabilità.

Per la determinazione degli spostamenti limite, la struttura in esame si ricade nel caso b) previsto dalla norma, ovvero "tamponamenti progettati in modo da non subire danni a seguito di spostamenti di interpiano drp, per effetto della loro deformabilità intrinseca, ovvero dei collegamenti alla struttura"; gli spostamenti di interpiano limite si assumono pertanto pari a:

- $dr < 0.01 h = 78 \text{ mm}$ per lo SLD;
- $dr < 0.0066 h = 52 \text{ mm}$ per lo SLO.



Lo spostamento di interpiano massimo, pari a 60.06, è in questo caso inferiore rispetto a quello previsto per il soddisfacimento della verifica; data la semplicità del modello, la PGAC si può ottenere moltiplicando la PGAD (pari a 0.0635) per il rapporto tra spostamenti limite e spostamenti osservati.

I valori che si ottengono sono pari a:

$$PGAC (SLD) = 0.0825;$$

In base a tali spostamenti e considerando che la PGAD(SLO) vale 0.0518, si ottengono i seguenti risultati:

$$PGAC (SLO) = 0.0569;$$

Classe di rischio IS-V		
Stato Limite	PGA _c	PGA ₀ IS-V (PGA _c /PGA ₀)
SLV	0,0515	0,1516
SLD	0,0825	0,0635
SLO	0,0569	0,0518

Indice di sicurezza della struttura IS-V = **34,0%**

Intervallo indici di sicurezza IS-V

min	max	Classe IS-V
100%		A ⁺ _{ISV}
80%	100%	A _{ISV}
60%	80%	B _{ISV}
45%	60%	C _{ISV}
30%	45%	D _{ISV}
15%	30%	E _{ISV}
0%	15%	F _{ISV}

Classe di rischio PAM

Stato Limite	CR (%)	T _d (SL)	λ _{st}
SLR	100%	104	0,0096
SLC	80%	104	0,0096
SLV	50%	51	0,0196
SLD	15%	51	0,0196
SLO	7%	51	0,0196
SLID	0%	10	0,1000

$$\begin{aligned}
 & (\lambda_{SLD} \cdot \lambda_{SLO}) / (CR_{SLD}^{80\%} + CR_{SLO}^{7\%}) / 2 = 0,0028 \\
 & (\lambda_{SLC} \cdot \lambda_{SLV}) / (CR_{SLC}^{80\%} + CR_{SLV}^{50\%}) / 2 = 0,0000 \\
 & (\lambda_{SLD} \cdot \lambda_{SLV}) / (CR_{SLD}^{15\%} + CR_{SLV}^{50\%}) / 2 = 0,0000 \\
 & (\lambda_{SLD} \cdot \lambda_{SLO}) / (CR_{SLD}^{15\%} + CR_{SLO}^{7\%}) / 2 = 0,0065 \\
 & \lambda_{SLC} \cdot CR_{SLR}^{100\%} = 0,0096 \\
 \hline
 & \text{Indice di sicurezza PAM} = \mathbf{1,89\%}
 \end{aligned}$$

Intervallo perdita media annua (PAM)

min	max	Classe PAM
0,0%	0,5%	A ⁺ _{PAM}
0,5%	1,0%	A _{PAM}
1,0%	1,5%	B _{PAM}
1,5%	2,5%	C _{PAM}
2,5%	3,5%	D _{PAM}
3,5%	4,5%	E _{PAM}
4,5%	7,5%	F _{PAM}
7,5%		G _{PAM}

CPAM

ANALISI DINAMICA LINEARE

CLASSE DI RISCHIO SISMICO D



Analisi di vulnerabilità condotte con metodo statico non lineare

Si è eseguita un'analisi pushover dell'edificio e si sono condotte le verifiche per gli stati limite di operatività SLO, di danno SLD e di salvaguardia della vita SLV; rispetto ai primi due, sono state eseguite le verifiche degli spostamenti di interpiano, mentre per l'SLV si sono condotte verifiche a taglio e di rotazione rispetto alla corda.

L'analisi eseguita prevede 8 analisi che considerano le diverse direzioni x e y , l'eccentricità delle masse e le distribuzioni di forze proporzionali rispettivamente alle masse e alle masse per le altezze, senza considerare inversioni dei segni, vista la simmetria dell'edificio.

Le verifiche fanno riferimento:

- per lo stato limite di danno SLD e per lo stato limite di operatività SLO, agli stessi dati già riportati al punto precedente;
- per le verifiche a taglio SLV, al cap. 4.1.2.1.3.2 delle NTC2008;
- per le verifiche di rotazione rispetto alla corda SLV, al cap. C8A.6.1 delle Appendici alla Circolare 2 febbraio 2009.



Si ricorda che, per quanto riguarda lo stato limite SLV, le analisi di pushover prevedono una verifica in termini di spostamento, quando il comportamento determinante è di tipo duttile (flessione dei pilastri), come in questo caso.

Dai risultati riportati di seguito si individua che in questo caso la struttura è verificata, mentre non lo è con analisi lineari con fattore $q = 3.3$.

Risultano le seguenti accelerazioni di picco al suolo di capacità:

Risultati delle analisi di pushover			
Tipo di analisi	PGA_c (SLO)	PGA_c (SLD)	PGA_c (SLV)
Statica non lineare	0.0396	0.0613	0.2710



Si ricorda che, per quanto riguarda lo stato limite SLV, le analisi di pushover prevedono una verifica in termini di spostamento, quando il comportamento determinante è di tipo duttile (flessione dei pilastri), come in questo caso.

Dai risultati riportati di seguito si individua che in questo caso la struttura è verificata, mentre non lo è con analisi lineari con fattore $q = 3.3$.

Risultano le seguenti accelerazioni di picco al suolo di capacità:

Risultati delle analisi di pushover			
Tipo di analisi	PGA_c (SLO)	PGA_c (SLD)	PGA_c (SLV)
Statica non lineare	0.0396	0.0613	0.2710



Classe di rischio IS-V		
Stato Limite	PGA_c	PGA_v IS-V (PGA_c/PGA_v)
SLV	0.2710	0.1516
SLD	0.0613	0.0635
SLO	0.0396	0.0518

Indice di sicurezza della struttura IS-V = **178.8%**

Intervallo indici di sicurezza IS-V

min	max	Classe IS-V
100%		A ⁺ _{IS-V}
80%	100%	A _{IS-V}
60%	80%	B _{IS-V}
45%	60%	C _{IS-V}
30%	45%	D _{IS-V}
1.5%	30%	E _{IS-V}
0%	1.5%	F _{IS-V}

A+IS-V

Classe di rischio PAM

Stato Limite	CR (%)	T_d (SL)	λ_v
SLR	100%	5992	0.0002
SLC	80%	5992	0.0002
SLV	50%	2936	0.0003
SLD	1.5%	69	0.0145
SLO	7%	23	0.0428
SLID	0%	10	0.1000

$$(\lambda_{SLV} - \lambda_{SLD}) / (CR\%_{SLD} + CR\%_{SLV}) / 2 = 0.0020$$

$$(\lambda_{SLV} - \lambda_{SLD}) / (CR\%_{SLD} + CR\%_{SLC}) / 2 = 0.0031$$

$$(\lambda_{SLV} - \lambda_{SLD}) / (CR\%_{SLV} + CR\%_{SLD}) / 2 = 0.0046$$

$$(\lambda_{SLV} - \lambda_{SLD}) / (CR\%_{SLC} + CR\%_{SLV}) / 2 = 0.0001$$

$$\lambda_{SLC} * CR\% (SLR) = 0.0002$$

Indice di sicurezza PAM **1.00%**

Intervallo perdita media annua (PAM)

min	max	Classe PAM
0.0%	0.5%	A ⁺ _{PAM}
0.5%	1.0%	A _{PAM}
1.0%	1.5%	B _{PAM}
1.5%	2.5%	C _{PAM}
2.5%	3.5%	D _{PAM}
3.5%	4.5%	E _{PAM}
4.5%	7.5%	F _{PAM}
7.5%		G _{PAM}

BPAM

ANALISI PUSHOVER

CLASSE DI RISCHIO SISMICO B

2936.11
68.82
23.37

INARSIND

SSOCIAZIONE DI INTESA SINDACALE
DEGLI ARCHITETTI E INGEGNERI
LIBERI PROFESSIONISTI ITALIANI

CUNEO



Giovani
Ingegneri
Cuneo

Associazione **Giovani Ingegneri Cuneo**
Le **Nuove Norme Tecniche**, il **Sismabonus** ed il **Cantiere**

ANALISI DI SENSIBILITA'

PUSHOVER O ANALISI DINAMICA LINEARE?
Presidente **INARSIND Cuneo** Presidente **A.G.I.C.** Dott. Arch. Ing. **DANILO PICCA**



NOTE 3 E 4 DEI PUNTI 1 E 2 DEL PARAGRAFO 2.1 METODO CONVENZIONALE

- 1) Si effettua l'analisi della struttura e si determinano i valori delle accelerazioni al suolo di capacità, $PGA_C(SL_i)$, che inducono il raggiungimento degli stati limite indicati dalla norma (SLC, SLV, SLD, SLO). E' possibile, in via semplificata, effettuare le verifiche limitatamente⁽³⁾ allo SLV (stato limite per la salvaguardia della vita) ed allo SLD (stato limite di danno).
- 2) Note le accelerazioni al suolo, PGA_C , che producono il raggiungimento degli stati limite sopra detti, si determinano i corrispondenti periodi di ritorno, T_{rC} , associati ai terremoti che generano tali accelerazioni. In assenza di più specifiche valutazioni, il passaggio dalle PGA_C ai valori del periodo di ritorno possono essere eseguiti utilizzando la seguente relazione⁽⁴⁾:

$$T_{rC} = T_{rD} (PGA_C/PGA_D)^{\eta}$$

con $\eta = 1/0,41$.

⁽³⁾ Laddove si valuti il PAM ricorrendo alla determinazione dei punti corrispondenti a soli due stati limite, ai λ degli altri due stati limite potranno essere attribuiti i valori: $\lambda_{slo} = 1,67\lambda_{sld}$, $\lambda_{sic} = 0,49\lambda_{slv}$.

⁽⁴⁾ La relazione fornita è media sull'intero territorio nazionale; per riferirsi più puntualmente all'intensità sismica di appartenenza si possono utilizzare le formule appresso riportate, con riferimento all'accelerazione massima su roccia a_g . I valori sono: $\eta = 1/0,49$ per $a_g \geq 0,25g$; $\eta = 1/0,43$ per $0,25g \geq a_g \geq 0,15g$; $\eta = 1/0,356$ per $0,15g \geq a_g \geq 0,05g$; $\eta = 1/0,34$ per $0,05g \geq a_g$

ANALISI DINAMICA LINEARE

Classe di rischio IS-V

Stato limite	PGA _s	PGA ₀	IS-V (PGA/PGA ₀)
SIV	0.0515	0.1516	0.340
SID	0.0825	0.0635	1.299
SLO	0.0669	0.0518	1.098

Indice di sicurezza della struttura IS-V = 34.0%

Intervallo indici di sicurezza IS-V

Classe IS-V	
min	max
100%	A _{triv}
80%	A _{sv}
60%	B _{sv}
45%	C _{sv}
30%	D _{sv}
15%	E _{sv}
0%	F _{sv}

Classe di rischio PAM

Stato limite	CR (%)	I ₁ (S ₁)	A _s
SIR	100%	104	0.0096
SIC	80%	104	0.0096
SIV	50%	51	0.0176
SID	15%	34	0.0196
SLO	7%	51	0.0196
SLO	0%	10	0.1000

Indice di sicurezza PAM

$(A_{sv}/A_{sv}) / (CR_{sv} + CR_{sv}) / 2$	0.0028
$(A_{sv}/A_{sv}) / (CR_{sv} + CR_{sv}) / 2$	0.0000
$(A_{sv}/A_{sv}) / (CR_{sv} + CR_{sv}) / 2$	0.0000
$(A_{sv}/A_{sv}) / (CR_{sv} + CR_{sv}) / 2$	0.0065
$A_{sv} \cdot CR(SIR)$	0.0096
Indice di sicurezza PAM	1.89%

Intervallo peraltro medio annuo (PAM)

Classe PAM	
min	max
0.0%	A _{triv}
0.5%	A _{sv}
1.0%	B _{sv}
1.5%	C _{sv}
2.5%	D _{sv}
3.5%	E _{sv}
4.5%	F _{sv}
7.5%	G _{sv}

$$\eta = 0.41$$

CPAM

Classe di rischio IS-V

Stato limite	PGA _s	PGA ₀	IS-V (PGA/PGA ₀)
SIV	0.0515	0.1516	0.340
SID	0.0825	0.0635	1.299
SLO	0.0669	0.0518	1.098

Indice di sicurezza della struttura IS-V = 34.0%

Intervallo indici di sicurezza IS-V

Classe IS-V	
min	max
100%	A _{triv}
80%	A _{sv}
60%	B _{sv}
45%	C _{sv}
30%	D _{sv}
15%	E _{sv}
0%	F _{sv}

Classe di rischio PAM

Stato limite	CR (%)	I ₁ (S ₁)	A _s
SIR	100%	69	0.0144
SIC	80%	69	0.0144
SIV	50%	34	0.0294
SID	15%	34	0.0294
SLO	7%	34	0.0294
SLO	0%	10	0.1000

Indice di sicurezza PAM

$(A_{sv}/A_{sv}) / (CR_{sv} + CR_{sv}) / 2$	0.0025
$(A_{sv}/A_{sv}) / (CR_{sv} + CR_{sv}) / 2$	0.0000
$(A_{sv}/A_{sv}) / (CR_{sv} + CR_{sv}) / 2$	0.0000
$(A_{sv}/A_{sv}) / (CR_{sv} + CR_{sv}) / 2$	0.0098
$A_{sv} \cdot CR(SIR)$	0.0144
Indice di sicurezza PAM	2.66%

Intervallo peraltro medio annuo (PAM)

Classe PAM	
min	max
0.0%	A _{triv}
0.5%	A _{sv}
1.0%	B _{sv}
1.5%	C _{sv}
2.5%	D _{sv}
3.5%	E _{sv}
4.5%	F _{sv}
7.5%	G _{sv}

$$\eta = 0.356$$

DFAM

Classe di rischio IS-V

Stato limite	PGA _s	PGA ₀	IS-V (PGA/PGA ₀)
SIV	0.0515	0.1516	0.340
SID	0.0825	0.0635	1.299
SLO	0.0669	0.0518	1.098

Indice di sicurezza della struttura IS-V = 34.0%

Intervallo indici di sicurezza IS-V

Classe IS-V	
min	max
100%	A _{triv}
80%	A _{sv}
60%	B _{sv}
45%	C _{sv}
30%	D _{sv}
15%	E _{sv}
0%	F _{sv}

Classe di rischio PAM

Stato limite	CR (%)	I ₁ (S ₁)	A _s
SIR	100%	104	0.0096
SIC	80%	104	0.0096
SIV	50%	51	0.0196
SID	15%	51	0.0196
SLO	7%	10	0.0327
SLO	0%	10	0.1000

Indice di sicurezza PAM

$(A_{sv}/A_{sv}) / (CR_{sv} + CR_{sv}) / 2$	0.0024
$(A_{sv}/A_{sv}) / (CR_{sv} + CR_{sv}) / 2$	0.0014
$(A_{sv}/A_{sv}) / (CR_{sv} + CR_{sv}) / 2$	0.0000
$(A_{sv}/A_{sv}) / (CR_{sv} + CR_{sv}) / 2$	0.0065
$A_{sv} \cdot CR(SIR)$	0.0096
Indice di sicurezza PAM	1.99%

Intervallo peraltro medio annuo (PAM)

Classe PAM	
min	max
0.0%	A _{triv}
0.5%	A _{sv}
1.0%	B _{sv}
1.5%	C _{sv}
2.5%	D _{sv}
3.5%	E _{sv}
4.5%	F _{sv}
7.5%	G _{sv}

$$\eta = 0.41$$

CPAM

Classe di rischio IS-V

Stato limite	PGA _s	PGA ₀	IS-V (PGA/PGA ₀)
SIV	0.0515	0.1516	0.340
SID	0.0825	0.0635	1.299
SLO	0.0669	0.0518	1.098

Indice di sicurezza della struttura IS-V = 34.0%

Intervallo indici di sicurezza IS-V

Classe IS-V	
min	max
100%	A _{triv}
80%	A _{sv}
60%	B _{sv}
45%	C _{sv}
30%	D _{sv}
15%	E _{sv}
0%	F _{sv}

Classe di rischio PAM

Stato limite	CR (%)	I ₁ (S ₁)	A _s
SIR	100%	70	0.0143
SIC	80%	70	0.0143
SIV	50%	34	0.0229
SID	15%	34	0.0229
SLO	7%	10	0.0294
SLO	0%	10	0.1000

Indice di sicurezza PAM

$(A_{sv}/A_{sv}) / (CR_{sv} + CR_{sv}) / 2$	0.0018
$(A_{sv}/A_{sv}) / (CR_{sv} + CR_{sv}) / 2$	0.0022
$(A_{sv}/A_{sv}) / (CR_{sv} + CR_{sv}) / 2$	0.0001
$(A_{sv}/A_{sv}) / (CR_{sv} + CR_{sv}) / 2$	0.0097
$A_{sv} \cdot CR(SIR)$	0.0143
Indice di sicurezza PAM	2.80%

Intervallo peraltro medio annuo (PAM)

Classe PAM	
min	max
0.0%	A _{triv}
0.5%	A _{sv}
1.0%	B _{sv}
1.5%	C _{sv}
2.5%	D _{sv}
3.5%	E _{sv}
4.5%	F _{sv}
7.5%	G _{sv}

$$\eta = 0.356$$

DFAM

$$\lambda_{SLO} = 1.67 \lambda_{SLO}^{SLD}$$

$$\lambda_{SLO} = 1.67 \lambda_{SLO}^{SLD}$$

ANALISI DINAMICA LINEARE

Classe di rischio IS-V

Stato limite	PGA _s	PGA ₀	IS-V (PGA/PGA ₀)
SIV	0.0515	0.1516	0.340
SLD	0.0825	0.0635	1.299
SLO	0.0669	0.0518	1.098

Indice di sicurezza della struttura IS-V = 34.0%

Intervallo indici di sicurezza IS-V

Classe IS-V		Classe IS-V	
min	max	min	max
100%	A _{triv}	100%	A _{triv}
80%	A _{sv}	80%	A _{sv}
60%	B _{sv}	60%	B _{sv}
45%	C _{sv}	45%	C _{sv}
30%	D _{sv}	30%	D _{sv}
15%	E _{sv}	15%	E _{sv}
0%	F _{sv}	0%	F _{sv}

Classe di rischio PAM

Stato limite	CR (%)	λ _s
SIR	100%	0.0096
SIC	80%	0.0096
SIV	50%	0.0176
SLD	15%	0.0186
SLO	7%	0.0186
SLO	0%	0.1000

Indice di sicurezza PAM

$(A_{sv}/A_{sv}) / (CR_{sv} + CR_{sv}) / 2$	0.0028
$(A_{sv}/A_{sv}) / (CR_{sv} + CR_{sv}) / 2$	0.0000
$(A_{sv}/A_{sv}) / (CR_{sv} + CR_{sv}) / 2$	0.0000
$(A_{sv}/A_{sv}) / (CR_{sv} + CR_{sv}) / 2$	0.0065
$A_{sv} \cdot CR(SIR)$	0.0096
Indice di sicurezza PAM	1.89%

Intervallo peraltro medio annuo (PAM)

Classe PAM		Classe PAM	
min	max	min	max
0.0%	A _{triv}	0.0%	A _{triv}
0.5%	A _{sv}	0.5%	A _{sv}
1.0%	B _{sv}	1.0%	B _{sv}
1.5%	C _{sv}	2.0%	C _{sv}
2.5%	D _{sv}	3.5%	D _{sv}
3.5%	E _{sv}	4.5%	E _{sv}
4.5%	F _{sv}	7.5%	F _{sv}
7.5%	G _{sv}		

$$\eta = 0.41$$

Classe di rischio IS-V

Stato limite	PGA _s	PGA ₀	IS-V (PGA/PGA ₀)
SIV	0.0515	0.1516	0.340
SLD	0.0825	0.0635	1.299
SLO	0.0669	0.0518	1.098

Indice di sicurezza della struttura IS-V = 34.0%

Intervallo indici di sicurezza IS-V

Classe IS-V		Classe IS-V	
min	max	min	max
100%	A _{triv}	100%	A _{triv}
80%	A _{sv}	80%	A _{sv}
60%	B _{sv}	60%	B _{sv}
45%	C _{sv}	45%	C _{sv}
30%	D _{sv}	30%	D _{sv}
15%	E _{sv}	15%	E _{sv}
0%	F _{sv}	0%	F _{sv}

Classe di rischio PAM

Stato limite	CR (%)	λ _s
SIR	100%	0.0144
SIC	80%	0.0144
SIV	50%	0.0294
SLD	15%	0.0294
SLO	7%	0.0294
SLO	0%	0.1000

Indice di sicurezza PAM

$(A_{sv}/A_{sv}) / (CR_{sv} + CR_{sv}) / 2$	0.0025
$(A_{sv}/A_{sv}) / (CR_{sv} + CR_{sv}) / 2$	0.0000
$(A_{sv}/A_{sv}) / (CR_{sv} + CR_{sv}) / 2$	0.0000
$(A_{sv}/A_{sv}) / (CR_{sv} + CR_{sv}) / 2$	0.0098
$A_{sv} \cdot CR(SIR)$	0.0144
Indice di sicurezza PAM	2.66%

Intervallo peraltro medio annuo (PAM)

Classe PAM		Classe PAM	
min	max	min	max
0.0%	A _{triv}	0.0%	A _{triv}
0.5%	A _{sv}	1.0%	A _{sv}
1.0%	B _{sv}	1.5%	B _{sv}
1.5%	C _{sv}	2.5%	C _{sv}
2.5%	D _{sv}	3.5%	D _{sv}
3.5%	E _{sv}	4.5%	E _{sv}
4.5%	F _{sv}	7.5%	F _{sv}
7.5%	G _{sv}		

$$\eta = 0.356$$

Classe di rischio IS-V

Stato limite	PGA _s	PGA ₀	IS-V (PGA/PGA ₀)
SIV	0.0515	0.1516	0.340
SLD	0.0825	0.0635	1.299
SLO	0.0669	0.0518	1.098

Indice di sicurezza della struttura IS-V = 34.0%

Intervallo indici di sicurezza IS-V

Classe IS-V		Classe IS-V	
min	max	min	max
100%	A _{triv}	100%	A _{triv}
80%	A _{sv}	80%	A _{sv}
60%	B _{sv}	60%	B _{sv}
45%	C _{sv}	45%	C _{sv}
30%	D _{sv}	30%	D _{sv}
15%	E _{sv}	15%	E _{sv}
0%	F _{sv}	0%	F _{sv}

Classe di rischio PAM

Stato limite	CR (%)	λ _s
SIR	100%	0.0096
SIC	80%	0.0096
SIV	50%	0.0196
SLD	15%	0.0196
SLO	7%	0.0327
SLO	0%	0.1000

Indice di sicurezza PAM

$(A_{sv}/A_{sv}) / (CR_{sv} + CR_{sv}) / 2$	0.0024
$(A_{sv}/A_{sv}) / (CR_{sv} + CR_{sv}) / 2$	0.0014
$(A_{sv}/A_{sv}) / (CR_{sv} + CR_{sv}) / 2$	0.0000
$(A_{sv}/A_{sv}) / (CR_{sv} + CR_{sv}) / 2$	0.0065
$A_{sv} \cdot CR(SIR)$	0.0096
Indice di sicurezza PAM	1.99%

Intervallo peraltro medio annuo (PAM)

Classe PAM		Classe PAM	
min	max	min	max
0.0%	A _{triv}	0.0%	A _{triv}
0.5%	A _{sv}	1.0%	A _{sv}
1.0%	B _{sv}	1.5%	B _{sv}
1.5%	C _{sv}	2.5%	C _{sv}
2.5%	D _{sv}	3.5%	D _{sv}
3.5%	E _{sv}	4.5%	E _{sv}
4.5%	F _{sv}	7.5%	F _{sv}
7.5%	G _{sv}		

$$\eta = 0.41$$

Classe di rischio IS-V

Stato limite	PGA _s	PGA ₀	IS-V (PGA/PGA ₀)
SIV	0.0515	0.1516	0.340
SLD	0.0825	0.0635	1.299
SLO	0.0669	0.0518	1.098

Indice di sicurezza della struttura IS-V = 34.0%

Intervallo indici di sicurezza IS-V

Classe IS-V		Classe IS-V	
min	max	min	max
100%	A _{triv}	100%	A _{triv}
80%	A _{sv}	80%	A _{sv}
60%	B _{sv}	60%	B _{sv}
45%	C _{sv}	45%	C _{sv}
30%	D _{sv}	30%	D _{sv}
15%	E _{sv}	15%	E _{sv}
0%	F _{sv}	0%	F _{sv}

Classe di rischio PAM

Stato limite	CR (%)	λ _s
SIR	100%	0.0143
SIC	80%	0.0143
SIV	50%	0.0294
SLD	15%	0.0294
SLO	7%	0.0491
SLO	0%	0.1000

Indice di sicurezza PAM

$(A_{sv}/A_{sv}) / (CR_{sv} + CR_{sv}) / 2$	0.0018
$(A_{sv}/A_{sv}) / (CR_{sv} + CR_{sv}) / 2$	0.0022
$(A_{sv}/A_{sv}) / (CR_{sv} + CR_{sv}) / 2$	0.0001
$(A_{sv}/A_{sv}) / (CR_{sv} + CR_{sv}) / 2$	0.0097
$A_{sv} \cdot CR(SIR)$	0.0143
Indice di sicurezza PAM	2.80%

Intervallo peraltro medio annuo (PAM)

Classe PAM		Classe PAM	
min	max	min	max
0.0%	A _{triv}	0.0%	A _{triv}
0.5%	A _{sv}	1.0%	A _{sv}
1.0%	B _{sv}	1.5%	B _{sv}
1.5%	C _{sv}	2.5%	C _{sv}
2.5%	D _{sv}	3.5%	D _{sv}
3.5%	E _{sv}	4.5%	E _{sv}
4.5%	F _{sv}	7.5%	F _{sv}
7.5%	G _{sv}		

$$\eta = 0.356$$

$$\lambda_{SLO} = 1.67 \lambda_{SLO}^{SLD}$$

ANALISI PUSHOVER

Classe di rischio IS-V

Stato limite	PGA _s	PGA ₀	IS-V (PGA/PGA ₀)
SIV	0,2710	0,1516	1,788
SLD	0,0613	0,0635	0,965
SLD	0,0396	0,0518	0,764

Indice di sicurezza della struttura IS-V = **178.8%**

Intervallo indici di sicurezza IS-V

min	max	Classe IS-V
100%	100%	A++
80%	100%	A ₁₀₀
60%	80%	A ₈₀
45%	60%	C ₄₅
30%	45%	D ₃₀
15%	30%	E ₁₅
0%	15%	F ₀

A++ IS-V

Classe di rischio IS-V

Stato limite	PGA _s	PGA ₀	IS-V (PGA/PGA ₀)
SIV	0,2710	0,1516	1,788
SLD	0,0613	0,0635	0,965
SLD	0,0396	0,0518	0,764

Indice di sicurezza della struttura IS-V = **178.8%**

Intervallo indici di sicurezza IS-V

min	max	Classe IS-V
100%	100%	A ₁₀₀
80%	100%	A ₈₀
60%	80%	B ₆₀
45%	60%	C ₄₅
30%	45%	D ₃₀
15%	30%	E ₁₅
0%	15%	F ₀

A++ IS-V

Classe di rischio IS-V

Stato limite	PGA _s	PGA ₀	IS-V (PGA/PGA ₀)
SIV	0,2710	0,1516	1,788
SLD	0,0613	0,0635	0,965

Indice di sicurezza della struttura IS-V = **178.8%**

Intervallo indici di sicurezza IS-V

min	max	Classe IS-V
100%	100%	A ₁₀₀
80%	100%	A ₈₀
60%	80%	B ₆₀
45%	60%	C ₄₅
30%	45%	D ₃₀
15%	30%	E ₁₅
0%	15%	F ₀

A++ IS-V

Classe di rischio IS-V

Stato limite	PGA _s	PGA ₀	IS-V (PGA/PGA ₀)
SIV	0,2710	0,1516	1,788
SLD	0,0613	0,0635	0,965

Indice di sicurezza della struttura IS-V = **178.8%**

Intervallo indici di sicurezza IS-V

min	max	Classe IS-V
100%	100%	A ₁₀₀
80%	100%	A ₈₀
60%	80%	B ₆₀
45%	60%	C ₄₅
30%	45%	D ₃₀
15%	30%	E ₁₅
0%	15%	F ₀

A++ IS-V

Classe di rischio PAM

Stato limite	CR (%)	I _{CR} (S)	A _s
SIV	100%	5992	0,0001
SLC	80%	5992	0,0002
SIV	50%	2936	0,0003
SLD	15%	69	0,0147
SLD	7%	23	0,0428
SLD	0%	10	0,1000

Intervallo perdita media annua (PAM)

min	max	Classe PAM
0,0%	0,5%	A ⁺ _{0,5}
0,5%	1,0%	A _{1,0}
1,0%	1,5%	B _{1,5}
1,5%	2,3%	C _{2,3}
2,3%	3,5%	D _{3,5}
3,5%	4,5%	E _{4,5}
4,5%	7,5%	F _{7,5}

BPAM

Classe di rischio PAM

Stato limite	CR (%)	I _{CR} (S)	A _s
SIV	100%	7479	0,0001
SLC	80%	7479	0,0001
SIV	50%	3640	0,0003
SLD	15%	48	0,0147
SLD	7%	21	0,0473
SLD	0%	10	0,1000

Intervallo perdita media annua (PAM)

min	max	Classe PAM
0,0%	0,5%	A ⁺ _{0,5}
0,5%	1,0%	A _{1,0}
1,0%	1,5%	B _{1,5}
1,5%	2,5%	C _{2,5}
2,5%	3,5%	D _{3,5}
3,5%	4,5%	E _{4,5}
4,5%	7,5%	F _{7,5}

BPAM

Classe di rischio PAM

Stato limite	CR (%)	I _{CR} (S)	A _s
SIV	100%	5992	0,0002
SLC	80%	5992	0,0003
SIV	50%	2936	0,0145
SLD	15%	69	0,0243
SLD	7%	10	0,1000

Intervallo perdita media annua (PAM)

min	max	Classe PAM
0,0%	0,5%	A ⁺ _{0,5}
0,5%	1,0%	A _{1,0}
1,0%	1,5%	B _{1,5}
1,5%	2,5%	C _{2,5}
2,5%	3,5%	D _{3,5}
3,5%	4,5%	E _{4,5}
4,5%	7,5%	F _{7,5}

AFAM

Classe di rischio PAM

Stato limite	CR (%)	I _{CR} (S)	A _s
SIV	100%	7429	0,0001
SLC	80%	7429	0,0001
SIV	50%	3640	0,0003
SLD	15%	69	0,0147
SLD	7%	10	0,0246
SLD	0%	10	0,1000

Intervallo perdita media annua (PAM)

min	max	Classe PAM
0,0%	0,5%	A ⁺ _{0,5}
0,5%	1,0%	A _{1,0}
1,0%	1,5%	B _{1,5}
1,5%	2,5%	C _{2,5}
2,5%	3,5%	D _{3,5}
3,5%	4,5%	E _{4,5}
4,5%	7,5%	F _{7,5}

AFAM

$$\eta = 0.41$$

$$\eta = 0.356$$

$$\eta = 0.41$$

$$\eta = 0.356$$

$$\lambda_{SLO} = 1.67 \lambda_{SLO}^{SLD}$$

$$\lambda_{SLO} = 1.67 \lambda_{SLO}^{SLD}$$

ANALISI PUSHOVER

Classe di rischio IS-V

Stato limite	PGA _s	PGA ₀	IS-V (PGA/PGA ₀)
SIV	0.2710	0.1516	1.788
SLD	0.0613	0.0635	0.965
SLD	0.0396	0.0518	0.764

Indice di sicurezza della struttura IS-V = **178.8%**

Intervallo indici di sicurezza IS-V

min	max	Classe IS-V
100%	100%	A++
80%	100%	A ₁
60%	80%	A ₂
45%	60%	B ₁
30%	45%	B ₂
15%	30%	C ₁
0%	15%	C ₂

Classe di rischio PAM

Stato limite	CR (%)	I _{CR} (S)	A _s
SIV	100%	592	0.0001
SLC	80%	592	0.0002
SIV	50%	2956	0.0003
SLD	15%	69	0.0147
SLD	7%	23	0.0428
SLD	0%	10	0.1000

Indice di sicurezza PAM

1.00%

Intervallo perdita media annua (PAM)

min	max	Classe PAM
0.0%	0.5%	A ⁺
0.5%	1.0%	A ⁺
1.0%	1.5%	B ₁
1.5%	2.5%	C ₁
2.5%	3.5%	D ₁
3.5%	4.5%	E ₁
4.5%	7.5%	F ₁
7.5%		G ₁

$$\eta = 0.41$$

Classe di rischio IS-V

Stato limite	PGA _s	PGA ₀	IS-V (PGA/PGA ₀)
SIV	0.2710	0.1516	1.788
SLD	0.0613	0.0635	0.965
SLD	0.0396	0.0518	0.764

Indice di sicurezza della struttura IS-V = **178.8%**

Intervallo indici di sicurezza IS-V

min	max	Classe IS-V
100%	100%	A++
80%	100%	A ₁
60%	80%	A ₂
45%	60%	B ₁
30%	45%	B ₂
15%	30%	C ₁
0%	15%	C ₂

Classe di rischio PAM

Stato limite	CR (%)	I _{CR} (S)	A _s
SIV	100%	749	0.0001
SLC	80%	749	0.0002
SIV	50%	3640	0.0003
SLD	15%	48	0.0147
SLD	7%	21	0.0473
SLD	0%	10	0.1000

Indice di sicurezza PAM

1.03%

Intervallo perdita media annua (PAM)

min	max	Classe PAM
0.0%	0.5%	A ⁺
0.5%	1.0%	A ⁺
1.0%	1.5%	B ₁
1.5%	2.5%	C ₁
2.5%	3.5%	D ₁
3.5%	4.5%	E ₁
4.5%	7.5%	F ₁
7.5%		G ₁

$$\eta = 0.356$$

Classe di rischio IS-V

Stato limite	PGA _s	PGA ₀	IS-V (PGA/PGA ₀)
SIV	0.2710	0.1516	1.788
SLD	0.0613	0.0635	0.965

Indice di sicurezza della struttura IS-V = **178.8%**

Intervallo indici di sicurezza IS-V

min	max	Classe IS-V
100%	100%	A++
80%	100%	A ₁
60%	80%	A ₂
45%	60%	B ₁
30%	45%	B ₂
15%	30%	C ₁
0%	15%	C ₂

Classe di rischio PAM

Stato limite	CR (%)	I _{CR} (S)	A _s
SIV	100%	592	0.0002
SLC	80%	592	0.0003
SIV	50%	2956	0.0145
SLD	15%	69	0.0243
SLD	7%	10	0.1000

Indice di sicurezza PAM

0.86%

Intervallo perdita media annua (PAM)

min	max	Classe PAM
0.0%	0.5%	A ⁺
0.5%	1.0%	A ⁺
1.0%	1.5%	B ₁
1.5%	2.5%	C ₁
2.5%	3.5%	D ₁
3.5%	4.5%	E ₁
4.5%	7.5%	F ₁
7.5%		G ₁

$$\eta = 0.41$$

Classe di rischio IS-V

Stato limite	PGA _s	PGA ₀	IS-V (PGA/PGA ₀)
SIV	0.2710	0.1516	1.788
SLD	0.0613	0.0635	0.965

Indice di sicurezza della struttura IS-V = **178.8%**

Intervallo indici di sicurezza IS-V

min	max	Classe IS-V
100%	100%	A++
80%	100%	A ₁
60%	80%	A ₂
45%	60%	B ₁
30%	45%	B ₂
15%	30%	C ₁
0%	15%	C ₂

Classe di rischio PAM

Stato limite	CR (%)	I _{CR} (S)	A _s
SIV	100%	7429	0.0001
SLC	80%	7429	0.0001
SIV	50%	3640	0.0003
SLD	15%	69	0.0147
SLD	7%	10	0.0246
SLD	0%	10	0.1000

Indice di sicurezza PAM

0.86%

Intervallo perdita media annua (PAM)

min	max	Classe PAM
0.0%	0.5%	A ⁺
0.5%	1.0%	A ⁺
1.0%	1.5%	B ₁
1.5%	2.5%	C ₁
2.5%	3.5%	D ₁
3.5%	4.5%	E ₁
4.5%	7.5%	F ₁
7.5%		G ₁

$$\eta = 0.356$$

$$\lambda_{SLO} = 1.67 \lambda_{SLO}^{SLD}$$



VARIABILITA' DELL'INDIVIDUAZIONE DELLA CLASSE SISMICA

INARSIND

SSOCIAZIONE DI INTESA SINDACALE
DEGLI ARCHITETTI E INGEGNERI
LIBERI PROFESSIONISTI ITALIANI

CUNEO



Giovani
Ingegneri
Cuneo

Associazione **Giovani Ingegneri Cuneo**
Le **Nuove Norme Tecniche**, il **Sismabonus** ed il **Cantiere**

VARIABILITA' DELL'INDIVIDUAZIONE DELLA CLASSE SISMICA

Differenza fra Metodo Convenzionale e Metodo Semplificato



VARIABILITA' DELL'INDIVIDUAZIONE DELLA CLASSE SISMICA

Differenza fra Metodo Convenzionale e Metodo Semplificato

Differenza in base al metodo di analisi (dinamica lineare o pushover) utilizzata



VARIABILITA' DELL'INDIVIDUAZIONE DELLA CLASSE SISMICA

Differenza fra Metodo Convenzionale e Metodo Semplificato

Differenza in base al metodo di analisi (dinamica lineare o pushover) utilizzata

Differenza in base al calcolo di tutti gli SL in modo analitico o con le formule approssimate



VARIABILITA' DELL'INDIVIDUAZIONE DELLA CLASSE SISMICA

Differenza fra Metodo Convenzionale e Metodo Semplificato

Differenza in base al metodo di analisi (dinamica lineare o pushover) utilizzata

Differenza in base al calcolo di tutti gli SL in modo analitico o con le formule approssimate

Differenza in base all'utilizzo di η medio o η puntuale in base all'accelerazione massima su roccia



VARIABILITA' DELL'INDIVIDUAZIONE DELLA CLASSE SISMICA

Differenza fra Metodo Convenzionale e Metodo Semplificato

Differenza in base al metodo di analisi (dinamica lineare o pushover) utilizzata

Differenza in base al calcolo di tutti gli SL in modo analitico o con le formule approssimate

Differenza in base all'utilizzo di η medio o η puntuale in base all'accelerazione massima su roccia

Errori ed approssimazioni di modellazione



VARIABILITA' DELL'INDIVIDUAZIONE DELLA CLASSE SISMICA

Differenza fra Metodo Convenzionale e Metodo Semplificato

Differenza in base al metodo di analisi (dinamica lineare o pushover) utilizzata

Differenza in base al calcolo di tutti gli SL in modo analitico o con le formule approssimate

Differenza in base all'utilizzo di η medio o η puntuale in base all'accelerazione massima su roccia

Errori ed approssimazioni di modellazione

Approssimazione di calcolo per il passaggio dal continuo agli elementi finiti

INARSIND

SSOCIAZIONE DI INTESA SINDACALE
DEGLI ARCHITETTI E INGEGNERI
LIBERI PROFESSIONISTI ITALIANI

CUNEO



Giovani
Ingegneri
Cuneo

Associazione **Giovani Ingegneri Cuneo**

Le **Nuove Norme Tecniche**, il **Sismabonus** ed il **Cantiere**

GRAZIE PER L'ATTENZIONE!

PUSHOVER O ANALISI DINAMICA LINEARE?
Presidente **INARSIND Cuneo** Presidente **A.G.I.C.** Dott. Arch. Ing. **DANILO PICCA**