



COMUNE DI SAN VITO DI LEGUZZANO

**PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO
PER LA RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA
SCUOLA DELL'INFANZIA SITA IN VIA RIGOBELLO 19
CUP B13C22000050006**

RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA

Rup: Geom. Massimo Mario Neffari

Progetto: Ing. Michele Scarso

Vicenza, 07.04.2023

IL PROGETTISTA

dott. ing. Michele Scarso



FUTURA

LA SCUOLA PER L'ITALIA DI DOMANI



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero dell'Istruzione
e del Merito



Italiadomani
PIANO NAZIONALE DI INVESTIMENTI E SVILUPPO

1 PREMESSA

Il rischio sismico viene determinato dalla combinazione di tre fattori: pericolosità, vulnerabilità ed esposizione.

La pericolosità sismica di un'area è la probabilità che, in un certo intervallo di tempo, essa sia interessata da forti terremoti che possono produrre danni, ovvero che il sisma superi una certa soglia di intensità, magnitudo o Pga (Peak Ground Acceleration, cioè accelerazione di picco al suolo). La pericolosità sismica è quindi indipendente dalle costruzioni dell'uomo o dalla sua presenza nel territorio.

Per ottenere una schematizzazione della pericolosità sismica dell'intero territorio italiano sono state redatte delle mappe. Inizialmente queste si basavano su scale macrosismiche, non avendo a disposizione un'adeguata strumentazione in grado di registrare l'intensità di un terremoto in modo oggettivo. Il territorio veniva quindi diviso in zone; successivamente la zonazione è divenuta sempre più capillare, fino ad arrivare alla microzonazione sismica che interessa aree con un raggio di 10-15 km.

L'Italia è suddivisa in 4 principali zone sismiche e tutto il territorio è categorizzato in seguito all'emanazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003.

Zona 1 - E' la zona più pericolosa. Possono verificarsi fortissimi terremoti

Zona 2 - In questa zona possono verificarsi forti terremoti

Zona 3 - In questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari

Zona 4 - E' la zona meno pericolosa. I terremoti sono rari

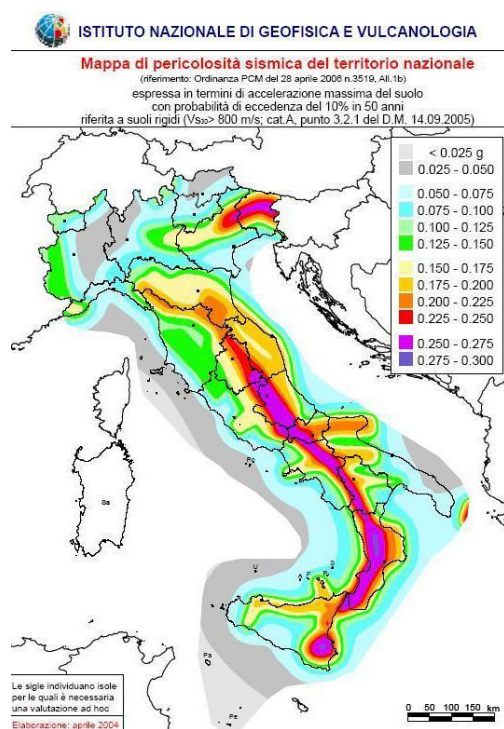
Tabella sulla zonazione sismica tratta dal sito "www.protezionecivile.gov.it".

A ciascuna zona si attribuisce un valore dell'azione sismica utile per la progettazione, espresso in termini di accelerazione massima su roccia (zona 1 = 0.35 g, zona 2 = 0.25 g, zona 3 = 0.15 g, zona 4 = 0.05 g).

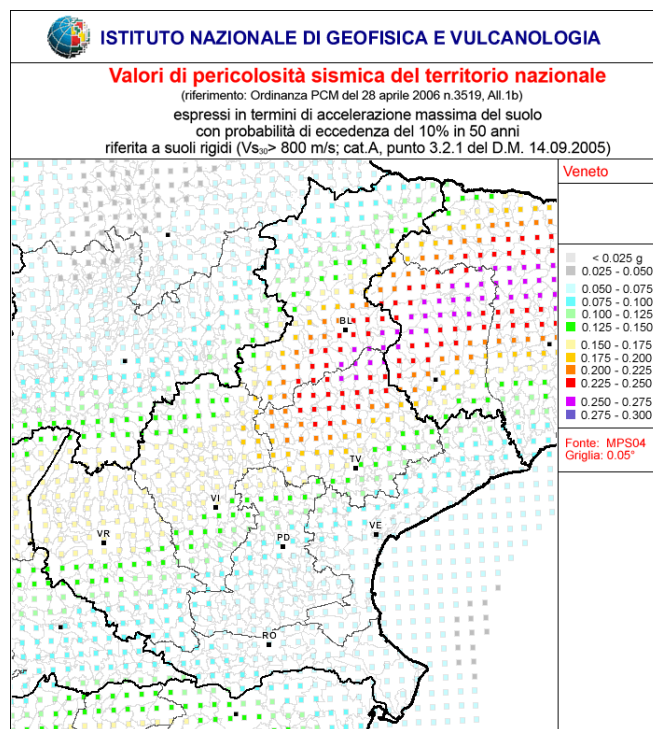
Il comune di San Vito di Leguzzano è stato riclassificato, in seguito alla D.G.R. n.244 del 9/03/2021, in **zona sismica 2**.

Per una determinazione più precisa della pericolosità sismica si ricorre alle seguenti mappe dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia), che restituiscono i valori di pericolosità sismica in termini di accelerazione massima al suolo con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi (categoria A secondo le

NTC del 2008). Nella figura di destra si può vedere che al comune di San Vito di Leguzzano è associato un valore di accelerazione di picco compreso tra 0.150 e 0.175.



Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale.



Valori di pericolosità sismica del territorio nazionale, regione Veneto, (www.mi.ingv.it).

Per quanto riguarda la vulnerabilità sismica, essa è definita come la propensione di una struttura a subire un danno di un determinato livello, a fronte di un evento sismico di una data intensità.

Questo è l'aspetto su cui è possibile maggiormente intervenire, facendo in modo che il patrimonio edilizio venga messo in sicurezza e diventi quindi meno vulnerabile, diminuendone di conseguenza il rischio sismico.

Infine, l'esposizione è legata all'importanza del bene, alla sua collocazione nell'ambiente e alla sua destinazione d'uso ed è possibile intervenire su di essa solamente evitando, ad esempio, di costruire in alcuni luoghi considerati a maggior rischio sismico, di insediare funzioni strategiche in edifici ad elevata vulnerabilità o incidendo sulla densità abitativa.

2 PARAMETRI DELL'AZIONE SISMICA

L'analisi e le verifiche della struttura in oggetto sono state condotte in accordo con le "Norme tecniche per le costruzioni" (di seguito N.T.C. - D.M. 17.01.2018); l'azione sismica viene valutata in funzione di alcuni parametri di seguito specificati:

2.1 Vita nominale V_n

La vita nominale (cap. 2.4.1 delle N.T.C.) è intesa come numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta a manutenzione ordinaria, deve essere usata per lo scopo per la quale è stata destinata.

Per l'edificio in oggetto la vita nominale V_n deve essere $\geq$ di **50 anni**.

2.2 Classi d'uso

La classe d'uso è definita nel cap. 2.4.2 delle N.T.C. in funzione delle conseguenze di un'interruzione dell'attività o del collasso dell'edificio.

L'edificio in oggetto rientra nella **classe III** (Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi).

2.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_r (cap. 2.4.3 N.T.C.), che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale V_n per il coefficiente d'uso C_u , quindi:

$$V_r = V_n \times C_u$$

I valori del coefficiente C_u sono tabellari ed in funzione della classe d'uso; nel nostro caso $C_u=1,50$

Il periodo di riferimento sul quale viene valuta l'azione sismica pertanto per l'edificio in oggetto **$V_r = 75$ anni** ($V_r = 50 \times 1,50$).

In funzione del periodo di riferimento V_r , per ciascun stato limite si fissa il periodo di ritorno e la probabilità di eccedenza dell'azione sismica.

Si riportano nel seguito i parametri sismici previsti per la struttura in oggetto:

T_r = periodo di ritorno

A_g/g = coefficiente di accelerazione al suolo

F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale

T^*_c = periodo d'inizio del tratto a velocità costante

STATO LIMITE	Tr	Ag/g	Fo	T*c
Operatività (SLO)	45	0.055	2.507	0.246
Danno (SLD)	75	0.072	2.464	0.258
Salvag. Vita (SLV)	712	0.187	2.437	0.285
Collasso (SLC)	1462	0.242	2.422	0.290

(*) DEFINIZIONE DEGLI STATI LIMITE

Stati limite di esercizio (SLE):

- **Stato limite di operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni e interruzioni d'uso significativi.
- **Stato limite di danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Stati limite ultimi (SLU):

- **Stato limite di salvaguardia della vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali e impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali, cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.
- **Stato limite di prevenzione del collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali e impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali e un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{vr} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati sono riportati nella successiva tabella.

Stati limite		Pvr: probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_r
Stati limite di esercizio	SLO	81 %
	SLD	63 %
Stati limite ultimi	SLV	10 %
	SLC	5 %

1.1 Categorie di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi 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.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, 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.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti 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.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, 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.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo, ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente VS_{30} di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m. di profondità.

Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri do sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata. Nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica

($N_{SPT,30}$) nei terreni a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente ($C_{u,30}$) nei terreni prevalentemente a grana fina.

La velocità equivalente delle onde di taglio V_{S30} è definita dall'espressione:

$$V_{S30} = 30 / \sum h_i / v_{si}$$

La resistenza penetrometrica dinamica equivalente N_{SPT30} è definita dall'espressione:

$$N_{SPT30} = \sum h_i / h_i / N_{SPTi}$$

La resistenza non drenata equivalente C_{u30} è definita dall'espressione:

$$C_{u30} = \sum h_i / h_i / C_{ui}$$

Nel caso di sottosuoli costituiti da stratificazioni di terreni a grana grossa e a grana fina, distribuite con spessori confrontabili nei primi 30 m di profondità, ricadenti nelle categorie da A ad E, quando non si disponga di misure dirette della velocità delle onde di taglio si può procedere come segue:

- determinare N_{SPT30} limitatamente agli strati di terreno a grana grossa compresi entro i primi 30 m. di profondità;
- determinare C_{u30} limitatamente agli strati di terreno a grana fina compresi entro i primi 30 m. di profondità;
- individuare le categorie corrispondenti singolarmente ai parametri N_{SPT30} e C_{u30} ;
- riferire il sottosuolo alla categoria peggiore tra quelle individuate al punto precedente.

1.2 Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale; per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isoalti con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

1.3 Valutazione dell'azione sismica

Ai fini delle presenti norme l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnata da X e Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti. Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo spettro di risposta o dalle due componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico. La componente che descrive il moto verticale è caratterizzata dal suo spettro di risposta o dalla componente

accelerometrica verticale. In mancanza di documentata informazione specifica, in via semplificata l'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie possono essere determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti orizzontali. La componente accelerometrica verticale può essere correlata alle componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico.

1.4 Spettro di risposta delle componenti orizzontali

Quale che sia la probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{vr} considerata, lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle seguenti espressioni:

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g S \eta F_o [T/T_B + 1/\eta F_o (1 - T/T_B)]$$

$$T_B \leq T < T_c \quad S_c(T) = a_g S \eta F_o$$

$$T_c \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g S \eta F_o (T_c / T)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g S \eta F_o (T_c T_D / T^2)$$

Nelle quali T ed S_c sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale ed inoltre:

- $S = S_s S_T$ è il fattore che tiene conto della categoria del suolo di fondazione;
- η è il fattore che altera lo spettro elastico per smorzamenti viscosi convenzionali ξ è valutato sulla base dei materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;
- F_o è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima;
- T_c è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro;
- T_B , è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;
- T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro.

Per categorie speciali di sottosuolo, per determinati sistemi geotecnici o se si intenda aumentare il grado di accuratezza nella previsione dei fenomeni di amplificazione, le azioni sismiche da considerare nella progettazione possono essere determinate mediante più rigorose analisi di risposta sismica locale. Queste analisi presuppongono un'adeguata conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni e, in particolare, delle relazioni sforzi-deformazioni in campo ciclico, da determinare mediante specifiche indagini e prove. In mancanza di tali determinazioni, per le componenti orizzontali del moto e per le categorie di sottosuolo di fondazione, la forma spettrale su sottosuolo di categoria A è

modificata attraverso il coefficiente stratigrafico S_s , il coefficiente topografico S_T e il coefficiente C_c che modifica il valore del periodo T_c .

1.5 Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti S_s e C_c possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T_c relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella seguente tabella, nella quale g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

1.6 Amplificazione topografica

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati in tabella, in funzione delle categorie topografiche definite e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

3 VALUTAZIONE DELL' AZIONE SISMICA RIFERITA AL CONTESTO DELL'INTERVENTO

L'azione sismica, in base alla quale è stato controllato il rispetto delle verifiche per gli stati limite considerati, è stata definita a partire dalla pericolosità sismica di base del sito dell'edificio.

In particolare la pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g , in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, in relazione ad una determinata probabilità di superamento definita per ogni stato limite per il periodo di riferimento V_R .

In relazione alla tipologia di costruzione e alle prestazioni richieste, il rispetto dei vari stati limite si considera conseguito:

- nei confronti di tutti gli stati limite di esercizio, rispettando le verifiche relative al solo STATO LIMITE DI OPERATIVITÀ (SLO), a cui corrisponde una probabilità di superamento nel periodo di riferimento pari al 81%;
- nei confronti di tutti gli stati limite ultimi, rispettando le indicazioni costruttive e progettuali riportate nelle norme e le verifiche relative al solo STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLV), a cui corrisponde una probabilità di superamento nel periodo di riferimento pari al 10%.

Di seguito si riportano i parametri considerati.

Identificazione del sito

Latitudine	45,683° (45° 40' 59")
Longitudine	11,3765° (11° 22' 36");
Comune	San Vito di leguzzano
Provincia	Vicenza
Regione	Veneto

Tipo di opera

Tipo di costruzione	Opera ordinaria
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	III - Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi
Vita di riferimento	75 anni

STATO LIMITE	Tr	a_g/g	Fo	T^*_c	Cc	T _B	T _C	T _D	S _s
SLO	45	0,0547	2,506	0,248	1,45	0,12	0,361	1,819	1,20
SLD	75	0,0721	2,463	0,261	1,44	0,125	0,376	1,888	1,20
SLV	712	0,1871	2,438	0,287	1,41	0,135	0,405	2,349	1,20
SLC	1462	0,2414	2,422	0,292	1,41	0,137	0,411	2,566	1,166

1.7 Verifica sismica globale

Le unità di misura elencate nel capitolo sono in [cm] ove non espressamente specificato.

Desc.: descrizione.

Stato limite: (C.A.) tipologia di verifica analizzata.

Molt.: moltiplicatore minimo della azione sismica che produce lo stato limite.

Comb.: combinazione.

PGA: accelerazione al suolo.

iPGA (ZE): indicatore di rischio sismico in termini di PGA ovvero rapporto tra l'azione sismica massima sopportabile dall'elemento e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto nuovo (§C8.3).

TR: tempo di ritorno.

(TR/TR_{ref})^{0.41}: indicatore di rischio sismico in termini di periodo di ritorno.

fa: fattore di accelerazione.

Trave: titolo della trave.

Verifica: stato di verifica.

Pressoflessione: dati della verifica a pressoflessione.

Coeff.s.: coefficiente di sicurezza a flessione.

iTR: indicatore di rischio sismico in termini di tempo di ritorno.

campata: campata di riferimento.

dist.: ascissa relativa all'inizio della campata. [cm]

C.S. PF: coefficiente di sicurezza a flessione.

Elemento: elemento che fa parte della verifica della parete.

Taglio: dati della verifica a taglio.

Coeff.s.: coefficiente di sicurezza a taglio.

C.S. T: coefficiente di sicurezza a taglio.

Pilastro: titolo del pilastro.

Instabilità: coefficiente di sicurezza instabilità.

Nodi: dati della verifica dei nodi.

C.S. N: coefficiente di sicurezza del nodo.

Conf.: nodo interamente confinato.

Titolo: titolo della verifica della parete.

S. L.: stato limite di riferimento.

TR,C: periodo di ritorno di capacità.

PGA,C: accelerazione di aggancio di capacità.

TR,Rif: periodo di ritorno di riferimento.

PGA,Rif: accelerazione di aggancio di riferimento.

Tipo rottura: tipo di rottura che fornisce il valore minimo degli elementi considerati.

PAM: perdita media annua attesa.

Classe PAM: classe di rischio PAM.

IS-V: indice di sicurezza.

Classe IS-V: classe di rischio IS-V.

λ ,SLR: frequenza media annua di superamento in Stato Limite di Ricostruzione.

λ ,SLC: frequenza media annua di superamento in Stato Limite di Collasso.

λ ,SLV: frequenza media annua di superamento in Stato Limite di salvaguardia della Vita.

λ ,SLD: frequenza media annua di superamento in Stato Limite di Danno.

λ ,SLO: frequenza media annua di superamento in Stato Limite di Operatività.

λ ,SLID: frequenza media annua di superamento in Stato Limite di Inizio Danno.

Verifiche condotte secondo D.M. 17-01-18 (N.T.C.) § C8.7.2.4

Analisi dinamica lineare

Accelerazioni e tempi di ritorno

Accelerazione di aggancio SLO ($a_{g/g_SLO} \cdot S \cdot ST$) $PGA,SLOrif = 0.066$ - $Tr,SLOrif = 45$ anni

Accelerazione di aggancio SLD ($a_{g/g_SLD} \cdot S \cdot ST$) $PGA,SLDrif = 0.087$ - $Tr,SLDrif = 75$ anni

Accelerazione di aggancio SLV ($a_{g/g_SLV} \cdot S \cdot ST$) $PGA,SLVrif = 0.225$ - $Tr,SLVrif = 712$ anni

Moltiplicatori minimi: Rottura a pressoflessione nel piano ortogonale

(Il valore di ζ_E corrisponde al valore di I.R. PGA secondo quanto riportato nella Circolare 7 21-01-19 §C8.3)

Moltiplicatore: 0.771 - Maschio 131

Lunghezza: 1.05; altezza: 3.2; spessore: 0.5; sezione a quota: 10.5

Combinazione SLV 1 $fd = 1563$ $Ta = 0.05$ $Wa = 10$ $N = 43.99$ $M = 1.9092$ $Mc = 1.9106$

Tempo di ritorno 364 anni

Indicatore $i_{Tr} = (Tr/Tr,SLVrif)^{.41} = 0.76$

PGA 0.175

Indicatore $iPGA = PGA/PGA_{SLVrif} = 0.78$

Fattore di accelerazione $fa = 0.7799$

Indicatori minimi riferiti al solo materiale muratura

Desc.	Stato limite	Molt.	Comb.	PGA	iPGA (ζE)	TR	$(TR/TR_{rif})^{.41}$	fa
Maschio 131	PFFP	0.771	SLV 1	0.1752	0.7799	364	0.7595	0.7799

Analisi di pushover

Accelerazioni e tempi di ritorno

Accelerazione di aggancio SLO ($ag/g_{SLO} \cdot S \cdot ST$) $PGA_{SLOrif} = 0.00066$ - $Tr_{SLOrif} = 45$ anni

Accelerazione di aggancio SLD ($ag/g_{SLD} \cdot S \cdot ST$) $PGA_{SLDrif} = 0.00087$ - $Tr_{SLDrif} = 75$ anni

Accelerazione di aggancio SLV ($ag/g_{SLV} \cdot S \cdot ST$) $PGA_{SLVrif} = 0.00225$ - $Tr_{SLVrif} = 712$ anni

Accelerazione di aggancio SLC ($ag/g_{SLC} \cdot S \cdot ST$) $PGA_{SLCrif} = 0.00282$ - $Tr_{SLCrif} = 1462$ anni

Stati limite selezionati nelle Preferenze pushover

S.L. 1 = Superamento della pressione in fondazione [SLV]

S.L. 2 = Superamento dello spostamento limite di interpiano [SLO] §C7.8.1.5.4

S.L. 3 = Superamento dello spostamento limite di interpiano [SLD] §C7.8.1.5.4

S.L. 4 = Riduzione del taglio del 20% [SLC] §C7.8.1.5.4

S.L. 5 = Spostamento corrispondente a 3/4 dello spostamento allo SLC [SLV] §C7.8.1.5.4

S.L. 6 = Spostamento corrispondente al raggiungimento della massima forza [SLD] §C7.8.1.5.4

S.L. 7 = Spostamento corrispondente al limite elastico della bilineare equivalente [SLD] §C8.7.1.3.1

S.L. 8 = Spostamento corrispondente a 3/4 del taglio alla base massimo [SLD] §C8.7.1.3.1

S.L. 9 = Spostamento corrispondente a 2/3 dello spostamento SLD [SLO] §C8.7.1.3.1

S.L. 10 = Spostamento corrispondente a $q^* = 3$ [SLV] §C7.8.1.6

S.L. 11 = Spostamento corrispondente a $q^* = 4$ [SLC] §C7.8.1.6

Raggiungimento dello spostamento limite di interpiano SLO

Verifica di spostamento limite di interpiano soddisfatta.

Il valore limite è stato raggiunto nell'elemento Spostamento di interpiano maschio 14 tra "Fondazione" e "1° impalcato"

Valori relativi al minimo indicatore di rischio sismico valutato

curva: 1 Gruppo 2

punto della curva nel quale è valutato Tr : n° 5

tempo di ritorno: 152 anni

PGA: 0.122

indicatori con adeguamento 100%

referito al TR $iTR=TR/TR, SLOrif = 1.647$

referito alla PGA $iPGA=PGA/PGA, SLOrif = 1.857$

Riduzione del taglio del 20% [SLC] §C7.8.1.5.4

curva 1 Gruppo 2

spostamento 0.01446

tempo di ritorno 1345 anni

PGA 0.275

indicatori

referito al tempo di ritorno $iTr=(Tr/Tr, SLCrif)^{.41} = 0.966$

referito alla PGA $iPGA=PGA/PGA, SLCrif = 0.976$

Spostamento corrispondente a 3/4 dello spostamento allo SLC [SLV] §C7.8.1.5.4

curva 1 Gruppo 2

spostamento 0.01085

tempo di ritorno 679 anni

PGA 0.221

indicatori

referito al tempo di ritorno $iTr=(Tr/Tr, SLVrif)^{.41} = 0.981$

referito alla PGA $iPGA=PGA/PGA, SLVrif = 0.983$

Spostamento corrispondente al raggiungimento della massima forza [SLD] §C7.8.1.5.4

curva 1 Gruppo 1

spostamento 0.0097

tempo di ritorno 374 anni

PGA 0.177

indicatori

referito al tempo di ritorno $iTr=(Tr/Tr, SLDrif)^{.41} = 1.932$

referito alla PGA $iPGA=PGA/PGA, SLDrif = 2.046$

Spostamento corrispondente al limite elastico della bilineare equivalente [SLD] §C8.7.1.3.1

curva 7 Gruppo 1

spostamento 0.00335

tempo di ritorno 95 anni

PGA 0.096

indicatori

referito al tempo di ritorno $iTr = (Tr/Tr,SLDrif)^{.41} = 1.102$

referito alla PGA $iPGA = PGA/PGA,SLDrif = 1.115$

Spostamento corrispondente a 3/4 del taglio alla base massimo [SLD] §C8.7.1.3.1

curva 7 Gruppo 1

spostamento 0.00282

tempo di ritorno 65 anni

PGA 0.08

indicatori

referito al tempo di ritorno $iTr = (Tr/Tr,SLDrif)^{.41} = 0.943$

referito alla PGA $iPGA = PGA/PGA,SLDrif = 0.926$

Spostamento corrispondente a 2/3 dello spostamento SLD [SLO] §C8.7.1.3.1

curva 7 Gruppo 1

spostamento 0.00188

tempo di ritorno 31 anni

PGA 0.053

indicatori

referito al tempo di ritorno $iTr = (Tr/Tr,SLOrif)^{.41} = 0.858$

referito alla PGA $iPGA = PGA/PGA,SLOrif = 0.811$

Spostamento corrispondente a $q^* = 3$ [SLV] §C7.8.1.6

curva 7 Gruppo 1

spostamento 0.01666

tempo di ritorno 1691 anni

PGA 0.294

indicatori

referito al tempo di ritorno $iTr = (Tr/Tr,SLVrif)^{.41} = 1.426$

referito alla PGA $iPGA = PGA/PGA,SLVrif = 1.307$

Spostamento corrispondente a $q^* = 4$ [SLC] §C7.8.1.6

curva 1 Gruppo 2

spostamento 0.01595

tempo di ritorno 1817 anni

PGA 0.3

indicatori

riferito al tempo di ritorno $iTr = (Tr/Tr,SLCrif)^{.41} = 1.093$

riferito alla PGA $iPGA = PGA/PGA,SLCrif = 1.064$

Riepilogo risultati per le singole curve

Curva	Riepilogo SLO				Riepilogo SLD			
	spost,d	spost,c	q*	Verifica	spost,d	spost,c	q*	Verifica
Combinazione 1 Gruppo 1	0.00281	0.00234	0.689	No	0.00364	0.00351	0.892	No
Combinazione 1 Gruppo 2	0.00215	0.00188	0.647	No	0.00278	0.00282	0.838	Si
Combinazione 2 Gruppo 1	0.00281	0.00234	0.689	No	0.00364	0.00351	0.892	No
Combinazione 2 Gruppo 2	0.00215	0.00188	0.647	No	0.00278	0.00282	0.838	Si
Combinazione 3 Gruppo 1	0.00127	0.00189	0.371	Si	0.00164	0.00283	0.48	Si
Combinazione 3 Gruppo 2	0.00109	0.00187	0.309	Si	0.0014	0.0028	0.4	Si
Combinazione 4 Gruppo 1	0.00127	0.00189	0.371	Si	0.00164	0.00283	0.48	Si
Combinazione 4 Gruppo 2	0.00109	0.00187	0.309	Si	0.0014	0.0028	0.4	Si
Combinazione 5 Gruppo 1	0.00118	0.00157	0.39	Si	0.00153	0.00236	0.505	Si
Combinazione 5 Gruppo 2	0.00103	0.00165	0.322	Si	0.00133	0.00248	0.416	Si
Combinazione 6 Gruppo 1	0.00118	0.00157	0.39	Si	0.00153	0.00236	0.505	Si
Combinazione 6 Gruppo 2	0.00103	0.00165	0.322	Si	0.00133	0.00248	0.416	Si
Combinazione 7 Gruppo 1	0.00234	0.00188	0.698	No	0.00303	0.00282	0.903	No
Combinazione 7 Gruppo 2	0.00197	0.00185	0.594	No	0.00255	0.00278	0.769	Si
Combinazione 8 Gruppo 1	0.00234	0.00188	0.698	No	0.00303	0.00282	0.903	No
Combinazione 8 Gruppo 2	0.00197	0.00185	0.594	No	0.00255	0.00278	0.769	Si

Curva	Riepilogo SLV				Riepilogo SLC			
	spost,d	spost,c	q*	Verifica	spost,d	spost,c	q*	Verifica
Combinazione 1 Gruppo 1	0.01347	0.01886	2.293	Si	0.01776	0.02635	2.856	Si
Combinazione 1 Gruppo 2	0.01112	0.01085	2.152	No	0.01487	0.01446	2.681	No
Combinazione 2 Gruppo 1	0.01347	0.01886	2.293	Si	0.01776	0.02635	2.856	Si
Combinazione 2 Gruppo 2	0.01112	0.01085	2.152	No	0.01487	0.01446	2.681	No
Combinazione 3 Gruppo 1	0.00517	0.0142	1.232	Si	0.0075	0.01894	1.535	Si
Combinazione 3 Gruppo 2	0.00375	0.01552	1.029	Si	0.00588	0.0207	1.281	Si
Combinazione 4 Gruppo 1	0.00517	0.0142	1.232	Si	0.0075	0.01894	1.535	Si
Combinazione 4 Gruppo 2	0.00375	0.01552	1.029	Si	0.00588	0.0207	1.281	Si
Combinazione 5 Gruppo 1	0.00507	0.01407	1.297	Si	0.00732	0.01876	1.616	Si
Combinazione 5 Gruppo 2	0.00373	0.01546	1.069	Si	0.00581	0.02062	1.332	Si
Combinazione 6 Gruppo 1	0.00507	0.01407	1.297	Si	0.00732	0.01876	1.616	Si
Combinazione 6 Gruppo 2	0.00373	0.01546	1.069	Si	0.00581	0.02062	1.332	Si
Combinazione 7 Gruppo 1	0.01199	0.01556	2.321	Si	0.01591	0.02075	2.891	Si
Combinazione 7 Gruppo 2	0.01021	0.0173	1.976	Si	0.0138	0.02306	2.461	Si
Combinazione 8 Gruppo 1	0.01199	0.01556	2.321	Si	0.01591	0.02075	2.891	Si
Combinazione 8 Gruppo 2	0.01021	0.0173	1.976	Si	0.0138	0.02306	2.461	Si

Tempi di ritorno, accelerazioni al suolo ed indicatori di rischio sismico per i meccanismi di rottura

Meccanismo di rottura	Curva	TR	PGA	IR,TR	IR,PGA
Superamento dello spostamento limite di interpiano [SLO] §C7.8.1.5.4	1 Gr. 2	152	0.122	1.647	1.857
Superamento dello spostamento limite di interpiano [SLD] §C7.8.1.5.4	1 Gr. 2	333	0.169	1.843	1.954
Riduzione del taglio del 20% [SLC] §C7.8.1.5.4	1 Gr. 2	1345	0.275	0.966	0.976
Spostamento corrispondente a 3/4 dello spostamento allo SLC [SLV] §C7.8.1.5.4	1 Gr. 2	679	0.221	0.981	0.983

Meccanismo di rottura	Curva	TR	PGA	IR,TR	IR,PGA
Spostamento corrispondente al raggiungimento della massima forza [SLD] §C7.8.1.5.4	1 Gr. 1	374	0.177	1.932	2.046
Spostamento corrispondente al limite elastico della bilineare equivalente [SLD] §C8.7.1.3.1	7 Gr. 1	95	0.096	1.102	1.115
Spostamento corrispondente a 3/4 del taglio alla base massimo [SLD] §C8.7.1.3.1	7 Gr. 1	65	0.08	0.943	0.926
Spostamento corrispondente a 2/3 dello spostamento SLD [SLO] §C8.7.1.3.1	7 Gr. 1	31	0.053	0.858	0.811
Spostamento corrispondente a $q^* = 3$ [SLV] §C7.8.1.6	7 Gr. 1	1691	0.294	1.426	1.307
Spostamento corrispondente a $q^* = 4$ [SLC] §C7.8.1.6	1 Gr. 2	1817	0.3	1.093	1.064

Valori di riferimento

Stato limite	Tr,rif	PGA,rif
SLO	45	0.066
SLD	75	0.087
SLV	712	0.225
SLC	1462	0.282

Indicatori di rischio sismico minimi

I parametri ζE corrispondono ai parametri IR,PGA

Stato limite	IR,TR,min	IR,PGA,min
SLO	0.858	0.811
SLD	0.943	0.926
SLV	0.981	0.983
SLC	0.966	0.976

Periodi di ritorno e accelerazioni di aggancio per gli Stati Limite

S. L.	TR,C	PGA,C	TR,Rif	PGA,Rif	Tipo rottura
SLO	31	0.053	45	0.066	spostamento corrispondente a 2/3 dello spostamento SLD per murature
SLD	65	0.08	75	0.087	spostamento corrispondente a 3/4 del taglio massimo per murature
SLV	679	0.221	712	0.225	spostamento corrispondente a 3/4 della riduzione del taglio massimo pari 20% per murature
SLC	1345	0.275	1462	0.282	riduzione del taglio massimo pari al 15% per C.A. o 20% per murature

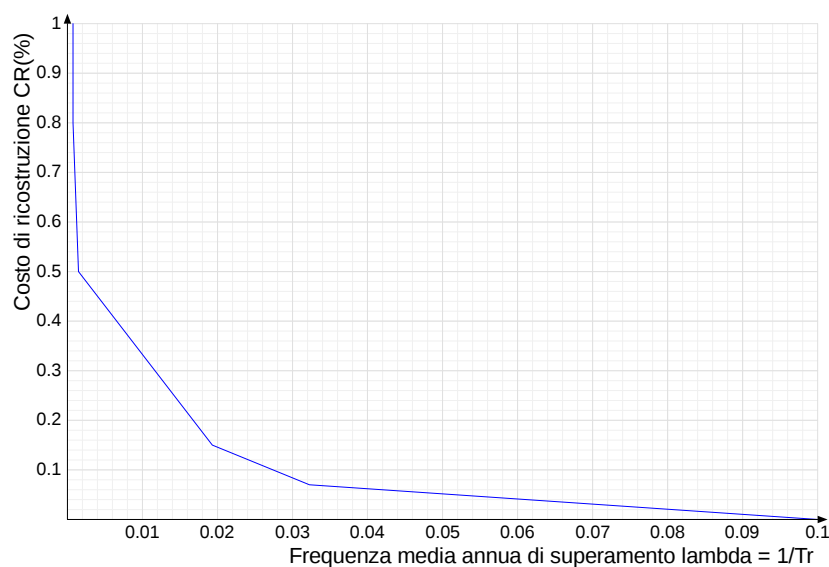
Coefficienti relativi alle Linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni secondo il D.M. 24 09/01/2020

TR,C	TR,Rif	PAM	Classe PAM	IS-V	Classe IS-V	Tipo rottura
679	712	1.081	B	98.348	A	spostamento corrispondente a 3/4 della riduzione del taglio massimo pari 20% per murature

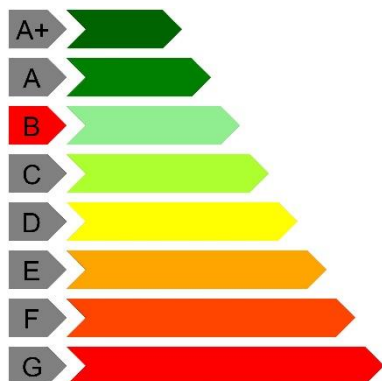
Coefficienti λ relativi alle Linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni secondo il D.M. 24 09/01/2020

λ_{SLR}	λ_{SLC}	λ_{SLV}	λ_{SLD}	λ_{SLO}	λ_{SLID}
0.000743	0.000743	0.001473	0.019316	0.032258	0.1

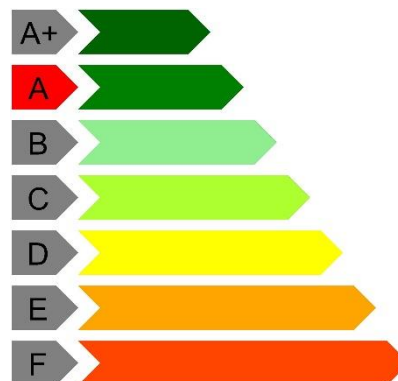
Andamento della curva che individua il PAM (Perdita Annuale Media Attesa)



Classe PAM



Classe IS-V



4 CONSIDERAZIONI FINALI

Dal punto di vista sismico, dopo la realizzazione dell'intervento sopra esposto, l'edificio risulta migliorato sismicamente con un **indicatore minimo di rischio allo stato limite di salvaguardia della vita ζ_B (α_{PGA}) pari a 0,76.**

Tutti gli spostamenti interpiano risultano essere verificati, con un indicatore di rischio sismico allo stato limite di operatività maggiore di 1.

Il tecnico incaricato
ing. Michele Scarso

