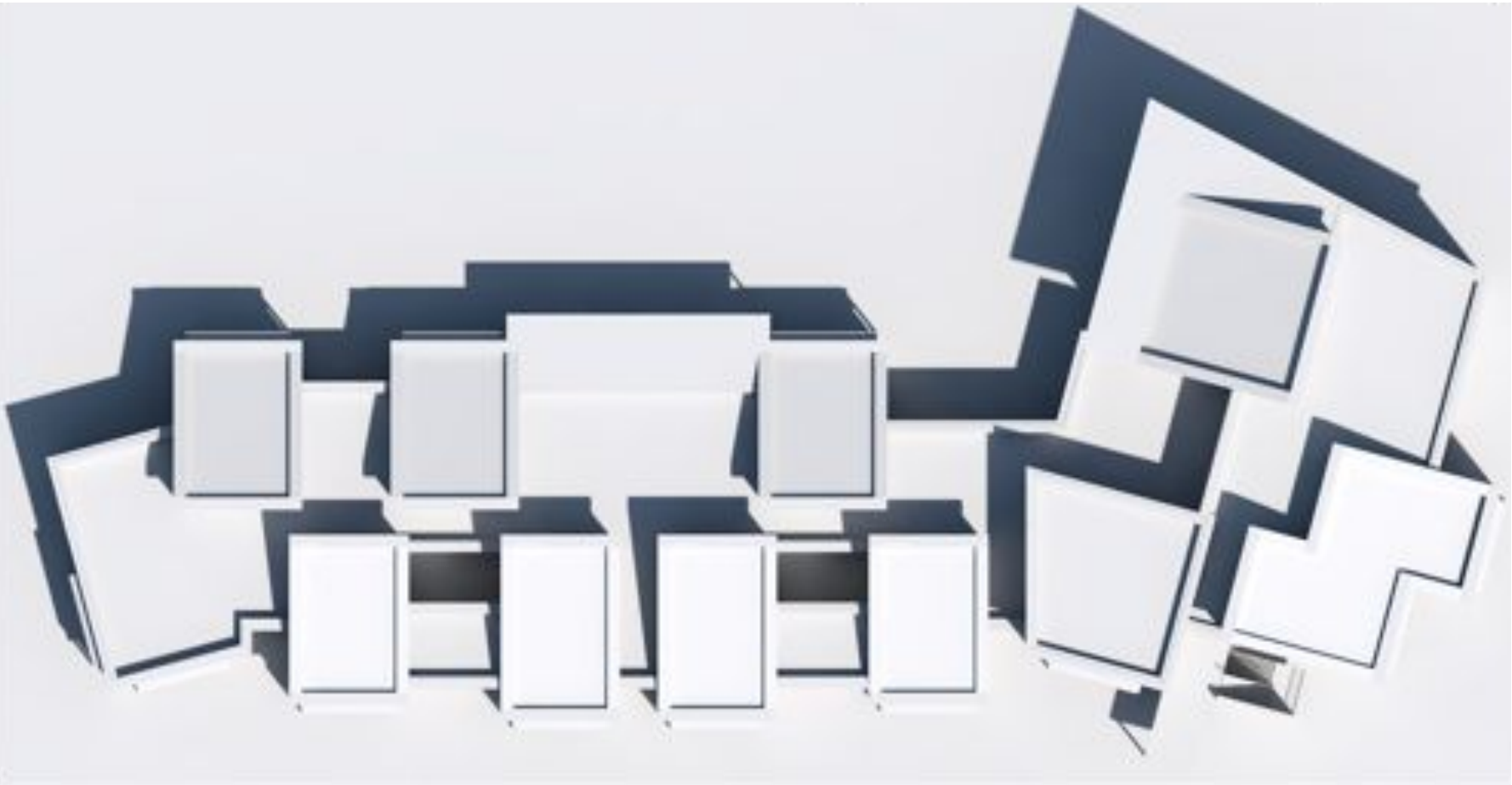
Progetto Definitivo

Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU



REALIZZAZIONE DI UN NUOVO PLESSO SCOLASTICO PER LA SCUOLA DELL'INFANZIA E PRIMARIA DI CAMIGLIANO - LOTTO A1

CIG: 84154232C0

scala:

Rev.

data:
ottobre 2022

Committente:
Comune di CAPANNORI
R.U.P.: ing. Vinicio Marchetti

Ubicazione:
Via Pianacce Camigliano, Capannori, (LU),

Progetto:
Arch. Barbara Bendinelli - Lucca
Arch. Luca Cesaretti - Lucca
Per. Ind. Andrea Carli - Lucca

Contenuto: **STRUTTURE - RELAZIONE TECNICA GENERALE**

D_B_7

Sommario

1 Caratteristiche generali dell'opera

2 Normativa di riferimento

3. Materiali impiegati e caratteristiche meccaniche

4. Analisi dei carichi

    4.1. Pesi propri, carichi permanenti e sovraccarichi

    4.2. Carico da neve

    4.3. Azione del vento

    4.4. Azione sismica

5. Elementi di pre dimensionamento

    5.1. Modello di analisi

    5.2. Criteri di Verifica

1. CARATTERISTICHE GENERALI DELL'OPERA E CRITERI DI PROGETTAZIONE

Oggetto della presente relazione è l'analisi preliminare della struttura del NUOVO COMPLESSO SCOLASTICO PER SCUOLA DELL'INFANZIA E PRIMARIA A CAMIGLIANO con struttura portante in C.A. nella Frazione di Camigliano nel Comune di Capannori (LU).

La scelta del tipo di costruzione e di struttura è stata dettata da vari aspetti tra cui l'esigenza di integrare la nuova realizzazione con il contesto ambientale e paesaggistico circostante e le necessità della committenza.
In rispetto dei succitati vincoli il nuovo edificio in progetto avrà forma irregolare e sarà costituito da 2 corpi strutturalmente indipendenti.

La scuola di infanzia **(lotto A)** che si sviluppa su un piano fuori terra e la scuola primaria **(lotto B)** che si sviluppa su due piani fuori terra, entrambe da realizzarsi in C.A.
Planimetricamente le forme di entrambe le scuole sono inscrivibile in un rettangolo, lotto A (65mt x 25mt), lotto B (28mt x34mt)

Per scelta strutturale la nuova scuola è stata progettata come due corpi comportando pertanto la realizzazione di un giunto sismico. Tale scelta permette di avere un comportamento il più possibile globale dell'edificio e di eliminare possibili rischi di martellamento fra gli edifici giuntati.

La struttura portante presenta caratteristiche analoghe per entrambe le scuole.
Si prevede di realizzare fondazioni superficiali in cemento armato costituite da una platea di fondazione, di altezza complessiva pari a 40 cm.

Le fondazioni superficiali saranno costituite da una platea di fondazione di altezza pari a 40 cm e saranno realizzate in calcestruzzo armato di classe C28/35 e classe di esposizione XC1.
Le fondazioni verranno trattate nella relazione geotecnica e sulle fondazioni.
Le barre in acciaio che verranno utilizzate per i getti in opera saranno di tipo B 450 C.
La struttura sarà ipotizzata **non dissipativa** e pertanto a favore di sicurezza è stato adottato un fattore di comportamento unitario.
Per comportamento strutturale **non dissipativo**, nella valutazione della domanda tutte le membrature e i collegamenti rimangono in **campo elastico** o **sostanzialmente elastico**; la domanda derivante dall'azione sismica e dalle altre azioni è calcolata, in funzione dello stato limite cui ci si riferisce, ma indipendentemente dalla tipologia strutturale e senza tener conto delle non linearità di materiale, attraverso un **modello elastico**.

Le azioni agenti sulla struttura considerate ai fini progettuali sono:

- peso proprio della struttura e degli impalcati
- carichi permanenti sugli impalcati
- carichi variabili sugli impalcati
- carico della neve sulla copertura
- azione sismica

I carichi variabili sugli impalcati vengono determinati secondo le indicazioni del §3.1.4 del DM 14-01-08.

La costruzione, come detto, ospiterà due scuole una di infanzia e una primaria e, si ipotizza che rientri nella categoria delle "grandi opere" o delle "opere strategiche", come definite al punto 2.4.1 delle NTC, e per la stessa è quindi prevista una Vita Nominale VN ≥ 50 (anni).

La costruzione in oggetto ricadrà nella classe d'uso VI, come specificato al par. 2.4.2 delle NTC, ovvero costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi.

La valutazione della sicurezza della costruzione sarà eseguita in relazione alle azioni derivanti dai pesi propri strutturali e non strutturali (permanenti non strutturali), dalla neve, dal vento e dal sisma.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il presente progetto è stato redatto in conformità alla vigente normativa nazionale riportata sinteticamente nel seguito:

- L. 5/11/1971 n. 1086 – Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e da struttura metallica.
- L. 2/2/1974 n. 64 – Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M 14/01/2008 -"Nuove Norme Tecniche per le costruzioni".
- D.P.R 380/01 -"Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di Edilizia"
- Circolare 2.2.2009, n.617: "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14.1.2008.
- D.M. 17/01/2018 – Norme tecniche per le costruzioni.
- D.M. 17.1.2018 - "Aggiornamento norme tecniche per le costruzioni", Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale", n.42 del 20 febbraio 2018.

Documenti integrativi delle NTC:

UNI EN 1992-1-1 (2005) Eurocodice 2
Progettazione delle strutture di calcestruzzo Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici

UNI EN 1998-1 (2005) Eurocodice 8
Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici

3. MATERIALI IMPIEGATI E CARATTERISTICHE MECCANICHE

Nel seguito sono riportate le caratteristiche meccaniche, da rispettare per i materiali utilizzati nella realizzazione delle opere in c.a..

Calcestruzzo per strutture di fondazione, pilastri e solette in c.a. (Classe C28/35)

Si utilizza una classe di calcestruzzo C28/35 (NTC 2008)

Barre ad aderenza migliorata B450C

Si utilizza acciaio B450C (NTC 2008)

4. ANALISI DEI CARICHI

Per l'analisi della struttura si sono considerati agenti i seguenti carichi, secondo quanto previsto dalle NTC.

La struttura sarà verificata nei confronti degli stati limite ultimi e di esercizio di tipo strutturale e, solo per gli elementi di fondazione, nei confronti dello stato limite ultimo geotecnico.

4.1. Pesi propri, carichi permanenti e sovraccarichi

Solaio tipo 1 (INTERPIANO LOTTO B)

Pesi propri, carichi permanenti

Solaio in c.a e laterizi a travetti prefabbricati

- Peso proprio (g1) = 3.75 kN/m2;
- Peso permanente non strutturale (g2) = 2.8 kN/m2;

Sovraccarichi

- Carichi variabili = 3.00 kN/m2;

Cat. C1 – Ambienti suscettibili ad affollamento (scuole D.M. 18/12/1975);

I carichi variabili Q sono uniformemente distribuiti e individuati in base alla categoria dell'edificio, secondo quanto stabilito nella tabella 3.1.II delle NTC08.

Tabella 3.1.II – Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici

CAT.	AMBIENTI	q_k [kN/m²]	Q_k [kN]	H_K [kN/m]
A	**ambienti ad uso residenziale** Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi. (ad eccezione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00
B	**uffici** **Cat. B1** uffici non aperti al pubblico **Cat. B2** uffici aperti al pubblico	2,00 3,00	2,00 2,00	1,00 1,00
C	**ambienti suscettibili di affollamento** **Cat. C1** Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole **Cat. C2** balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi **Cat. C3** ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune.	3,00 4,00 5,00	2,00 4,00 5,00	1,00 2,00 3,00

Solaio tipo 2 (COPERTURA LATERO CEMENTO - LOTTO A e LOTTO B)

Pesi propri, carichi permanenti

Solaio in c.a e laterizi a travetti prefabbricati

- Peso proprio (g1) = 3.75 kN/m2;
- Peso permanente non strutturale (g2) = 2.8 kN/m2;

Sovraccarichi

- Carichi variabili = 1.20 kN/m2;

Carico neve (da moltiplicare per opportuni coefficienti Ψij)

Solaio tipo 3 (SOLAI COPERTURA LEGNO - LOTTO A e LOTTO B)

Pesi propri, carichi permanenti

Solaio in c.a e laterizi a travetti prefabbricati

- Peso proprio (g1) = 0.8 kN/m2;
- Peso permanente non strutturale (g2) = 1.5 kN/m2;

Sovraccarichi

- Carichi variabili = 1.20 kN/m2;

Carico neve (da moltiplicare per opportuni coefficienti Ψij)

4.2. Carico da neve

Il carico provocato dall'accumulo della neve sugli elementi dell'opera (copertura) verrà valutato utilizzando i seguenti parametri previsti dalla vigente normativa:

Altitudine del sito: 15 m s.l.m.;

Zona di appartenenza = Zona II;

Carico della neve al suolo qsk = 1 kN/m2 (formula 3.3.8);

Topografia = Normale;

4.3. Azione del vento

Le azioni dinamiche dovute al vento verranno convenzionalmente ricondotte ad azioni statiche equivalenti, utilizzando i seguenti parametri:

L'opera oggetto della presente relazione si trova in un'area extraurbana.

Altitudine del sito: 15 m s.l.m.;

Velocità di riferimento vb = 27 m/s;

Zona di appartenenza = 3;

Classe di rugosità = D;

L'azione del vento sul singolo elemento viene determinata considerando la combinazione più gravosa della pressione agente sulla superficie esterna e della pressione agente sulla superficie interna dell'elemento.

Tabella 3.3.1 – Valori dei parametri v_{b0}, a_0, k_a

ZONA	DESCRIZIONE	v_{b0} [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,010
2	Emilia Romagna	25	750	0,015
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,020
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,020
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'isola di Maddalena)	28	750	0,015
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'isola di Maddalena)	28	500	0,020
7	Liguria	28	1000	0,015
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,010
9	Isole (con eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,020

Tabella 3.3.III – Classi di rugosità del terreno

CLASSE DI RUGOSITÀ DEL TERRENO	DESCRIZIONE
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aereoporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi...)
L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinchè una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.	

4.4. Azione sismica

La zona sismica per il territorio di Capannori, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Deliberazione della Giunta Regionale Toscana n. 421 del 26 maggio 2014 è **Zona sismica 3**

Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti.

Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni $0,05 < ag \leq 0,15\ g$

L'azione sismica è valutata con un'analisi dinamica modale, con spettro di risposta.

Per la valutazione degli spettri di risposta utilizzati per la determinazione delle sollecitazioni agenti sulla struttura si è utilizzato il programma predisposto dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici nella versione ultima disponibile (vers. 1.0.3).

Inoltre, per la determinazione dell'azione sismica agente sulla struttura si sono considerate le seguenti ipotesi di base per il calcolo:

Vita nominale = 50 anni;
Classe d'uso = VI;
Coefficiente d'uso - Cu = 2;
Periodo di riferimento - Vr = 100 anni;
Categoria sottosuolo = B;
Coefficiente di topografia = T1.

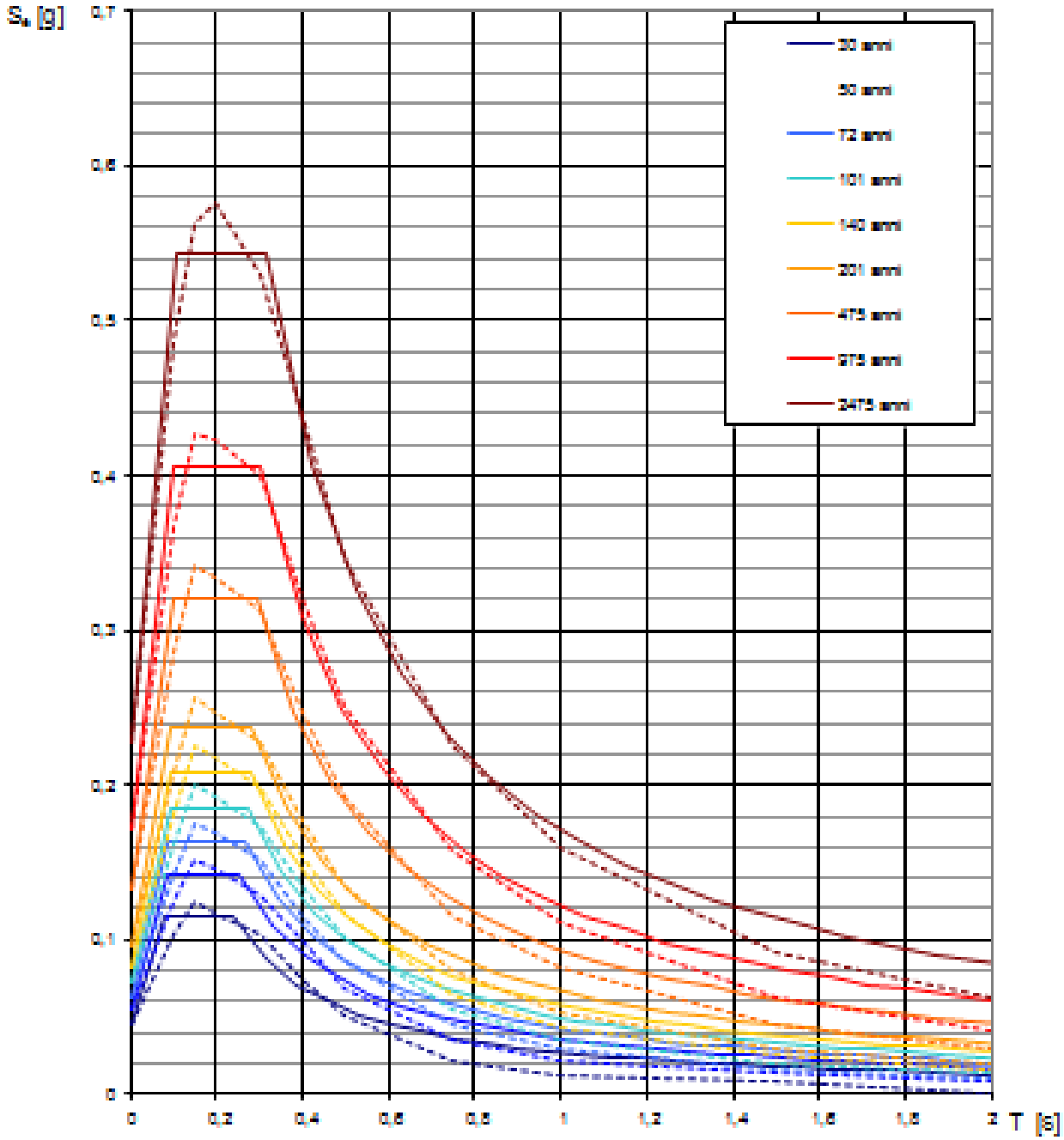
Sono stati considerati gli effetti prodotti dalle azioni sismiche per la struttura sita a Camigliano nel comune di Capannori (LU) con **coordinate longitudine 10,605852 e latitudine 43,870157** utilizzando il file messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici per il calcolo della pericolosità sismica del sito in esame.

Valori dei parametri a_g, F_o, T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,045	2,524	0,241
50	0,056	2,550	0,256
72	0,064	2,559	0,266
101	0,072	2,549	0,273
140	0,081	2,555	0,278
201	0,096	2,475	0,283
475	0,133	2,404	0,292
975	0,171	2,371	0,302
2475	0,227	2,396	0,314

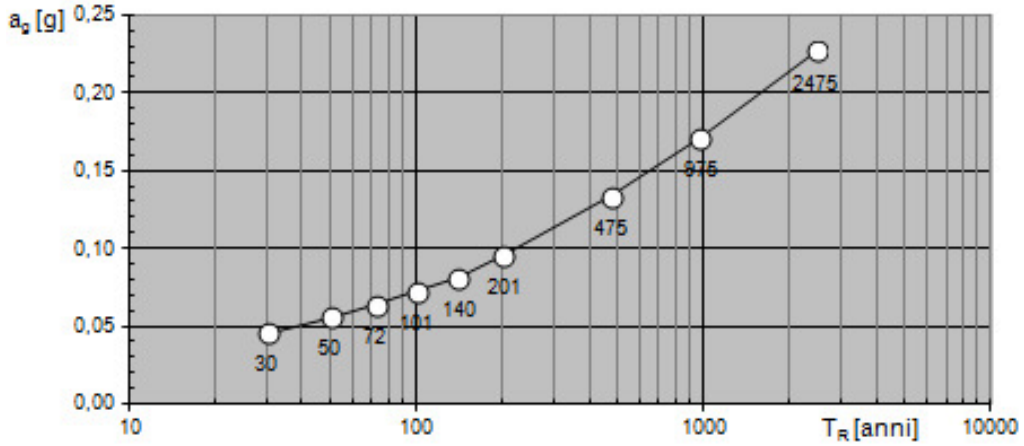
La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. L'ANIDIS non potrà essere ritenuta responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

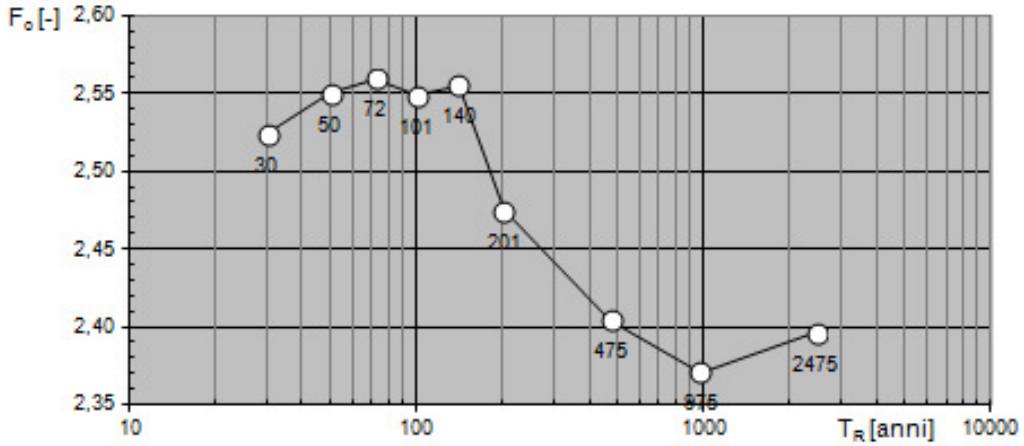
Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimentc

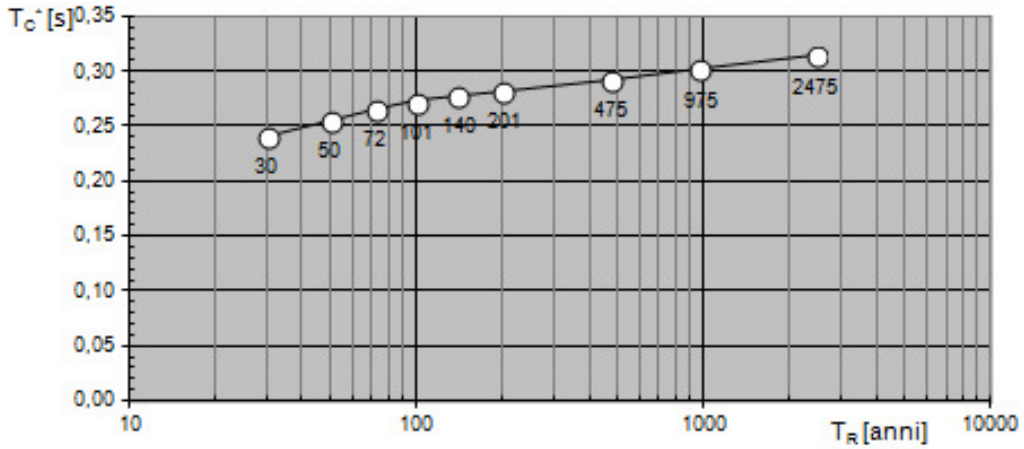


NOTA:
Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Valori dei parametri a_g, F_o, T_C^*: variabilità col periodo di ritorno T_R







La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. L'ANIDIS non potrà essere ritenuta responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

E' stato definita la vita nominale dell'opera strutturale VN (NTC2008 punto 2.4.1.), intesa come il numero di anni per i quali la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, è usata per lo scopo al quale è destinata; in particolare, per la struttura oggetto di analisi, si è scelto la cui vita nominale è assunta pari a 50 anni.

Per quanto riguarda la classe d'uso (NTC 2008 punto 2.4.2.), la struttura in esame, con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso, è considerata come opera di **classe IV, ovvero "Costruzioni con funzione pubbliche".**

Classi d'uso (§ 2.4.2 NTC-08)

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Vita di riferimento (§ 2.4.3 NTC-08)

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N pe il coefficiente d'uso C_U

$$V_R = V_N \cdot C_U \qquad \text{(NTC-08 Eq. 2.4.1)}$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella **Tab. 2.4.II** delle NTC-08.

Tabella 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1	1,5	2

Se $V_R \leq 35$ anni si pone comunque $V_R = 35$ anni.

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. L'ANIDIS non potrà essere ritenuta responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

In seguito sono riportati i valori del tempo di ritorno dell'azione sismica utilizzati per i calcoli nei diversi stati limite.

Con riferimento al § 7.1 delle NTC 2008 si osserva che "sotto l'effetto delle azioni sismiche definite nel § 3.2, deve essere garantito il rispetto degli stati limite ultimi e di esercizio, quali definiti al § 3.2.1 ed individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo il volume significativo di terreno, le strutture di fondazione, gli elementi strutturali, gli elementi non strutturali, gli impianti.

In mancanza di espresse indicazioni in merito, il rispetto dei vari stati limite si considera conseguito:

- nei confronti degli stati limite di esercizio, qualora siano rispettate le verifiche relative al solo SLD;
- nei confronti degli stati limite ultimi, qualora siano rispettate le indicazioni progettuali e costruttive riportate nel seguito e siano soddisfatte le verifiche relative al solo SLV."

Nella figure seguenti sono riassunti i dati e le formule che hanno permesso di ricavare gli spettri elastici orizzontali che sono stato successivamente implementati durante le analisi del modello ad elementi finiti.

Condizioni topografiche (§ 3.2.2 NTC-08)

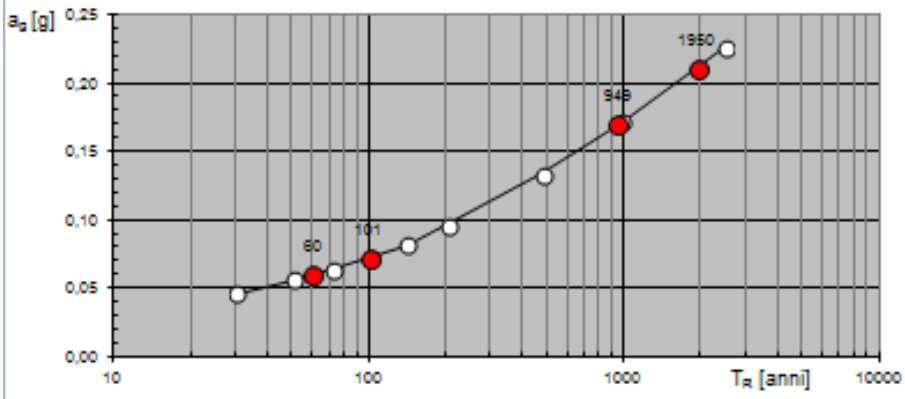
Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (**Tab. 3.2.IV** delle NTC-08):

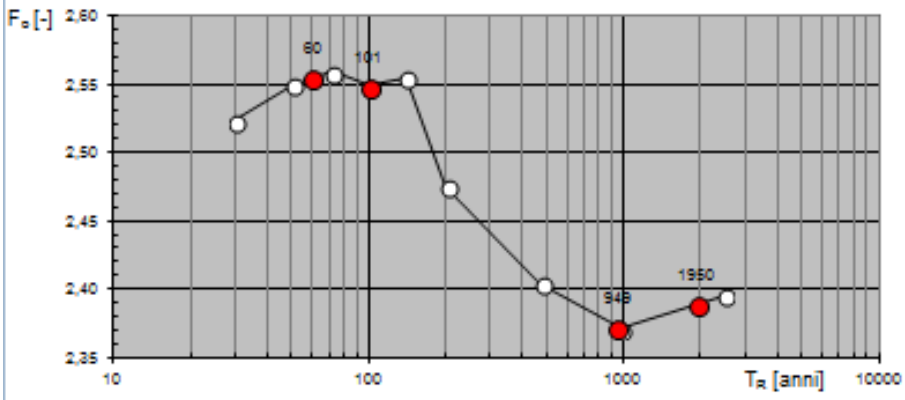
Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

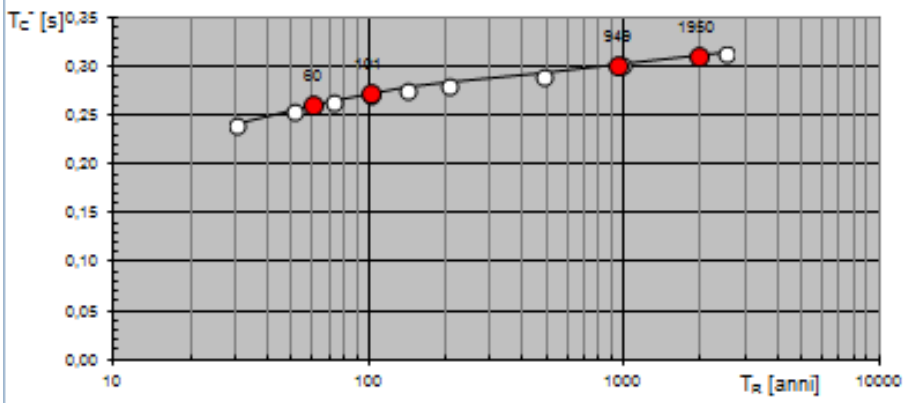
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°
T2	Pendii con inclinazione media i > 15°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. L'ANIDIS non potrà essere ritenuta responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Valori di progetto dei parametri a_g, F_o, T_C^* in funzione del periodo di ritorno

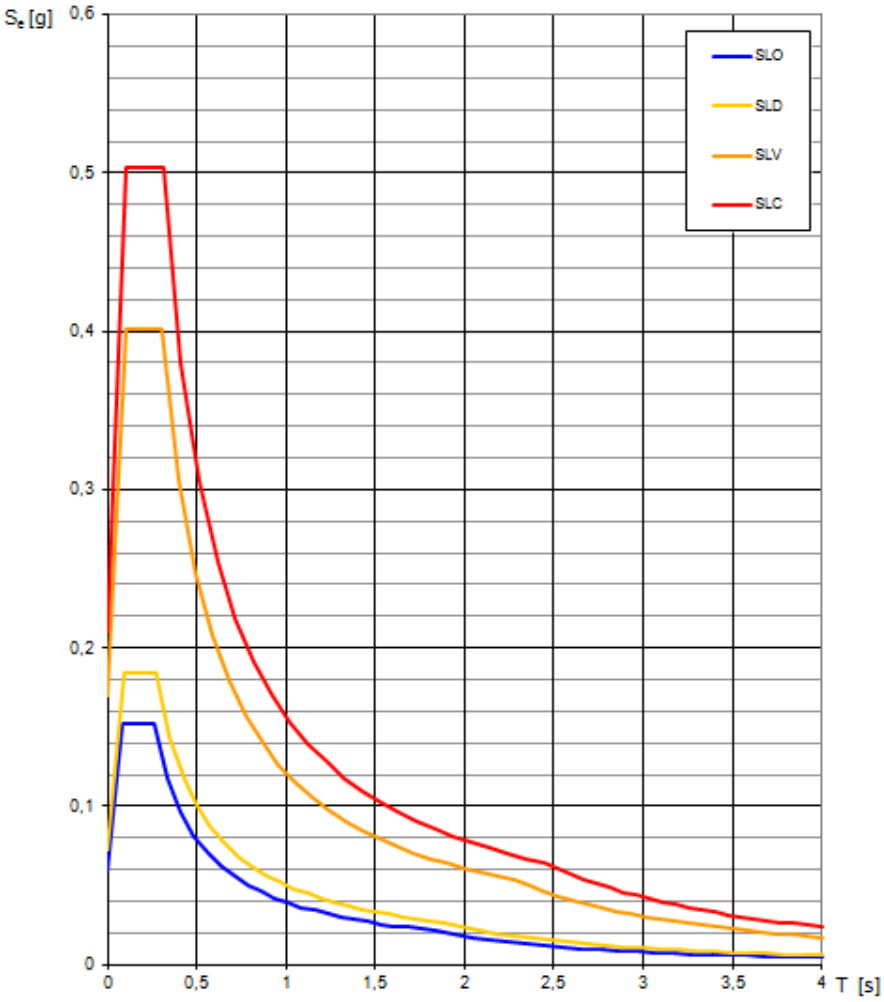






La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. L'ANIDIS non potrà essere ritenuta responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



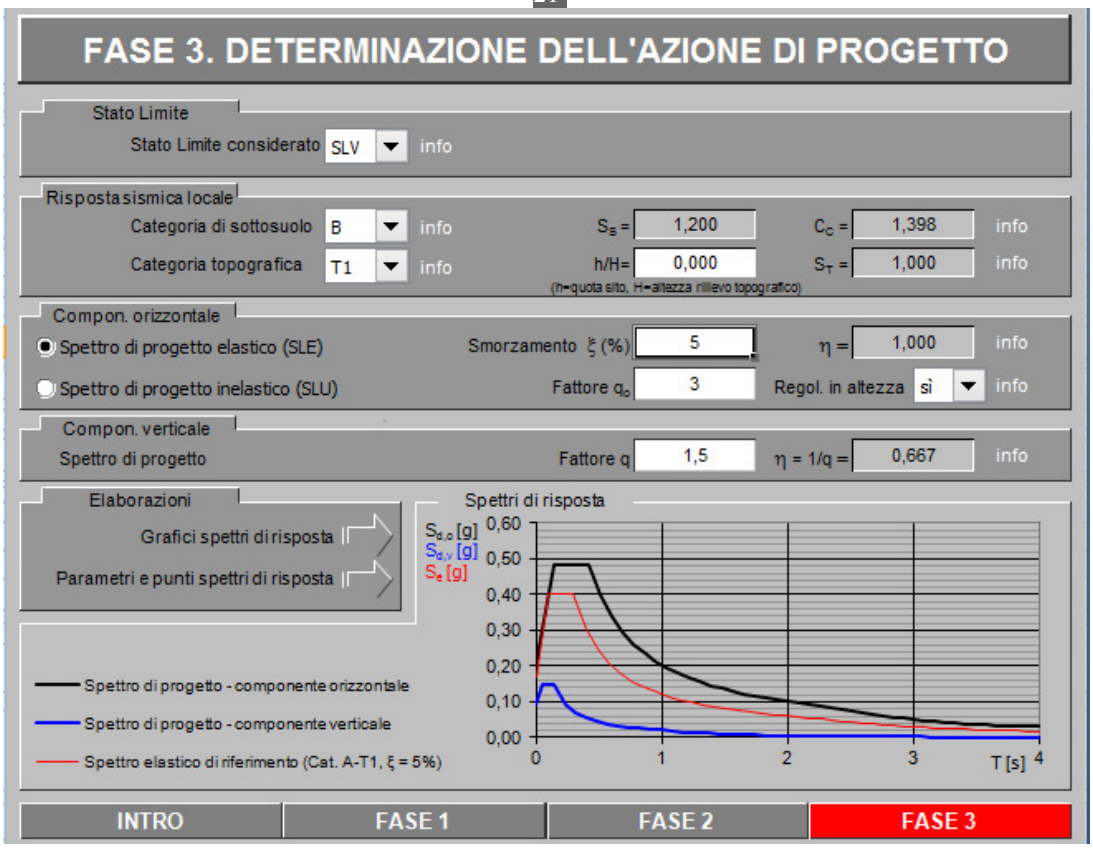
La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. L'ANIDIS non potrà essere ritenuta responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Valori dei parametri a_g, F_o, T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno

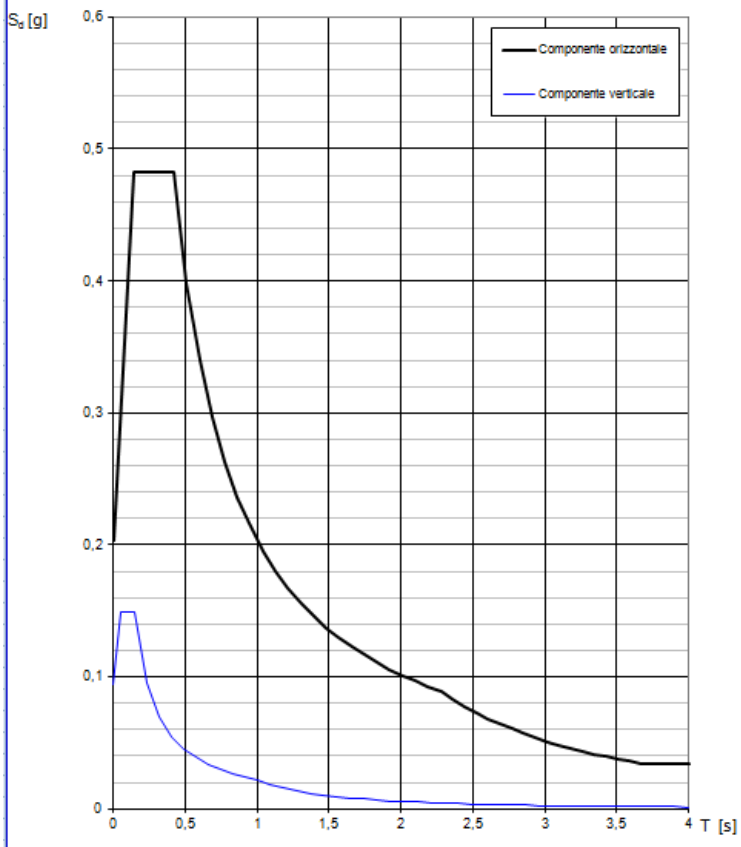
INDIETRO

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	60	0,059	2,555	0,261
SLD	101	0,072	2,549	0,272
SLV	949	0,169	2,372	0,302
SLC	1950	0,211	2,389	0,311

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. L'ANIDIS non potrà essere ritenuta responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.



Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limi SLV



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. L'ANIDIS non potrà essere ritenuta responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

5. ELEMENTI DI PREDIMENSIONAMENTO

Per valutare il comportamento della struttura sia per le azioni verticali che per quelle orizzontali e per tenere conto dell'effettivo comportamento dinamico della struttura si ipotizza la creazione di un modello ad elementi finiti della struttura.

5.1. Modello di analisi

Il modello rappresentativo del comportamento della struttura si ipotizza elaborato tramite programma ad elementi finiti.

Il terreno è stato schematizzato tramite molle a comportamento elastico alla "Winkler".

Per quanto riguarda il modello dei solai in latero-cemento si ipotizza come una piastra rigida nel proprio piano (orizzontamento infinitamente rigido nel piano) su cui agiscono i carichi verticali in quanto la presenza di una soletta in c.a. di spessore superiore o uguale a 5 cm

Le strutture in elevazione si distinguono in LOTTO A (un piano fuori terra) e LOTTO B (due piano fuori terra)

L'analisi sismica dovrà essere svolta considerando un numero di modi di vibrare, così come di seguito indicato arrivando a una buona precisione nella valutazione delle azioni sulla struttura.

Si dovrà verificare che l'azione sismica di progetto non produca danni agli elementi costruttivi senza funzione strutturale tali da rendere temporaneamente non operativa la costruzione.

Questa condizione si può ritenere soddisfatta quando gli spostamenti interpiano ottenuti dall'analisi in presenza dell'azione sismica di progetto relativa allo SLO siano inferiori ai 2/3 dei limiti relativi alla verifica SLD e quindi vale:

$dr < 2/3 \times 0{,}005\ h = 0{,}0033\ h$

dove dr è lo spostamento interpiano, ovvero la differenza tra gli spostamenti al solaio superiore ed inferiore, e h è l'altezza del piano.

5.2. Criteri di verifica

Le verifiche di tutte le opere strutturali contenute nel presente elaborato vengono condotte secondo il metodo semi-probabilistico agli stati limite, in accordo con le NTC.

Il metodo semiprobabilistico agli stati limite si basa sull'impiego di coefficienti parziali di sicurezza e la sicurezza strutturale deve essere verificata tramite il confronto tra la resistenza e l'effetto delle azioni.

Per la sicurezza strutturale, la resistenza dei materiali e le azioni sono rappresentate dai valori caratteristici, Rki e Fkj definiti, rispettivamente, come il frattile inferiore delle resistenze e il frattile (superiore o inferiore) delle azioni che minimizzano la sicurezza. In genere, i frattili sono assunti pari al 5%. Per le grandezze con piccoli coefficienti di variazione, ovvero per grandezze che non riguardino univocamente resistenze o azioni, si possono considerare frattili al 50% (valori mediani).

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi di resistenza si effettua con il "metodo dei coefficienti parziali" di sicurezza espresso dalla equazione formale:

$Rd \geq Ed$

Dove:

Rd è la resistenza di progetto, valutata in base ai valori di progetto della resistenza dei materiali e ai valori nominali delle grandezze geometriche interessate;

Ed è il valore di progetto dell'effetto delle azioni, valutato in base ai valori di progetto $Fdj=Fkj*\gamma Fj$ delle azioni come indicato di seguito, o direttamente $Edj = Ekj*\gamma Ei$.

I coefficienti parziali di sicurezza, γMi e γFj , associati rispettivamente al materiale i-esimo e all'azione j-esima, tengono in conto la variabilità delle rispettive grandezze e le incertezze relative alle tolleranze geometriche e alla affidabilità del modello di calcolo.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio si esprime controllando aspetti di funzionalità e stato tensionale.

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$\gamma G1\times G1 + \gamma G2\times G2 + \gamma P\times P + \gamma Q1\times Qk1 + \gamma Q2\times \psi 02\times Qk2 + \gamma Q3\times \psi 03\times Qk3 + \ldots$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$G1 + G2 + P + Qk1 + \psi 02\times Qk2 + \psi 03\times Qk3+ \ldots$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$G1 + G2 +P+ \psi 11\times Qk1 + \psi 22\times Qk2 + \psi 23\times Qk3 + \ldots$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$G1 + G2 + P + \psi 21\times Qk1 + \psi 22\times Qk2 + \psi 23\times Qk3 + \ldots$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$E + G1 + G2 + P + \psi 21\times Qk1 + \psi 22\times Qk2 + \ldots$

-Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto Ad:

$G1 + G2 + P + Ad + \psi 21 \times Qk1 + \psi 22 \times Qk2 + ...$

I valori dei coefficienti di combinazione e dei coefficienti parziali di sicurezza sono indicati rispettivamente nella Tab. 2.5.I e nella Tab. 2.6.1 delle norme tecniche e di seguito riportate.

Tabella 2.5.I – *Valori dei coefficienti di combinazione*

Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

L

Tabella 2.6.I – *Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU*

		Coefficiente γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali[1]	favorevoli	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

[1]Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Le verifiche di sicurezza da effettuare saranno definite in funzione della classe d'uso della costruzione, come definito dalla Tabella C7.1.I della Circolare esplicativa DM2008.
Ciascuna verifica garantisce, per ogni Stato Limite, quindi per il corrispettivo livello di azione sismica, il raggiungimento di una data prestazione da parte della costruzione nel suo complesso.

In accordo con il paragrafo 7.1 NTC08, per costruzioni in classe d'uso VI, il rispetto dei vari stati limite si ritiene conseguito:

- nei confronti di tutti gli stati limite ultimi, qualora siano rispettate le indicazioni progettuali riportate nella normativa e siano soddisfatte le verifiche relative al solo SLV;
- nei confronti di tutti gli stati limite di esercizio, qualora siano rispettate le verifiche di sicurezza degli elementi strutturali relative al solo SLD e per gli elementi costruttivi non strutturali le verifiche relative allo SLO.