



COMUNE DI FOLIGNO
AREA GOVERNO DEL TERRITORIO
Servizio Programmazione e
Sviluppo Economico

PROGETTO:

PNRR – MISSIONE 5, COMPONENTE 2 – MISURA 2 –
INVESTIMENTO 2.1 – FINANZIAMENTO U.E. NEXT
GENERATION EU

"INVESTIMENTI IN PROGETTI DI RIGENERAZIONE
URBANA VOLTI A RIDURRE SITUAZIONE DI
EMARGINAZIONE E DEGRADO SOCIALE"
REALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

**"IL PARCO DELL'AEROPORTO
PARCO DEGLI ANIMALI"**

CUP C61B21003590005

GRUPPO DI LAVORO:

PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA E
COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA :

Arch. Marco Pinca

PROGETTAZIONE STRUTTURALE:

Ing. Paolo Satta

GIOVANE PROFESSIONISTA:

Ing. Arch. Francesca Tamburini

GEOLOGO:

Geol. Alessandro Tabarrini

FASE DI PROGETTO:

ESECUTIVO

TITOLO ELABORATO:

**RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA
STRUTTURALE**

TITOLO TAVOLA:

STR158

CODICE DOCUMENTO:

A271_ESRE_STR00158

SCALA:

N/A

STATO:

IN CONSEGNA

| | | | | | |
|-----|----------------|----------------------------------|------|----------|----------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 01 | Giugno 2023 | revisione per consiglio comunale | M.P. | M. Pinca | M. Pinca |
| 00 | Aprile 2023 | prima emissione | M.P. | M. Pinca | M. Pinca |
| REV | DATA | EMISSIONE | RED. | VER. | APP. |

DIRETTORE TECNICO: ing. Paolo Satta



oikos progetti s.r.l.

Via A. Vici, 06034, Foligno - PG
Tel. 0742.260096 - Fax 0742.322077

oikos@oikosprogetti.com

P. IVA: 03431280548

Sommario

| | | |
|---------|---|----|
| 1 | RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA | 2 |
| 1.1 | PREMESSA | 2 |
| 1.2 | INTERVENTI DI PROGETTO | 2 |
| 1.3 | PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE | 3 |
| 1.3.1 | PREMESSA | 3 |
| 1.3.2 | VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO | 4 |
| 1.3.3 | STATI LIMITE, PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO E PERIODO DI RITORNO | 5 |
| 1.3.4 | DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE | 6 |
| 1.3.5 | PERICOLOSITA' SISMICA DI SITO | 8 |
| 1.3.5.1 | Pericolosità sismica di sito | 9 |
| 1.3.5.2 | Spettro di progetto | 10 |

1 RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

1.1 PREMESSA

Nello studio di fattibilità redatto dal comune di Foligno approvato con DGC n° 174 del 21/5/2021 si evince la volontà dell'Amministrazione Comunale di realizzare un intervento di Rigenerazione Urbana attraverso la realizzazione di un nuovo parco inclusivo per la città, dove possano trovare rifugio animali di compagnia abbandonati o randagi e dove i cittadini possano fare passeggiare, attività ludico ricreative a contatto con questi animali e adottarli, un luogo bello che possa fungere anche da punto di partenza e collegamento con la ciclovia Regionale Assisi-Spoleto. Il progetto prevede, inoltre, la riqualificazione dell'attuale area interessata dal canile rifugio in via Caracciolo, restituendolo alla città un piccolo spazio verde di servizio alla zona residenziale limitrofe. Attraverso la procedura della "Trattativa diretta nel Mercato Elettronico della Pubblica Amministrazione" è stato individuato come operatore economico costituito in RTP composta dalla mandataria Società di ingegneria Oikos Progetti srl., mandanti Geol. Alessandro Tabarrini e ing. Francesca Tamburini (giovane professionista), al quale è stato affidato l'incarico di progettazione esecutiva direzione lavori e coordinamento della sicurezza ai sensi del D.leg. 50/2016 e ss.mm.ii e del Dpr 207/2010 ss.mm.ii per la parte in vigore.



Figura 1 - Stralcio vista satellitare (Fonte Google Maps) - Individuazione area di intervento

1.2 INTERVENTI DI PROGETTO

Il progetto strutturale esposto nella seguente relazione prevede la realizzazione di 2 edifici adibiti a servizio del parco: il primo denominato "AV" ed il secondo denominato "ASm".

L'edificio "AV" è costituito da un solo piano, è destinato a servizio veterinario e presenta una pianta ottagonale di lato 6 m e altezza massima di 4.30 m. La struttura è posta a 70 cm dal piano campagna e poggia su una platea di fondazione in c.a di 40 cm da cui si innalzano due file di pilastri HEB160 di cui la prima rappresenta il perimetro esterno mentre la seconda un secondo ottagono interno. La travatura di bordo è realizzata con un profilo HEA160 mentre la travatura principale, che poggia sulle due file di pilastri, è composta da un profilo HEB160 e nell'ottagono interno da travi radiali IPE160 che convergono in un anello di chiusura della zona interna realizzato con un profilo UPN160; gli arcarecci sono costituiti da profili IPE160 e IPE120. Tutti i collegamenti realizzati in cantiere sono bullonati mentre le saldature, qualora presenti, sono realizzate in officina. Il pacchetto di copertura è composto da: lamiera grecata tipo "Elcom LG 454" spessore 0.8 mm, pannello di isolamento di spessore 140 mm e una lamiera di protezione fissata alla lamiera grecata. Il pacchetto di parete è composto da: Termoparete tipo "Elcom WPM / C-FN caos" spessore 50 mm, isolamento eps sp. 7 cm e pannello di fibro cemento.

I controventi di falda sono realizzati con un profilato metallico tubolare $\varnothing 12$, mentre i controventi di parete sono di tipo concentrici a V realizzati con n°2 L accoppiate di dimensioni 60x60x6.

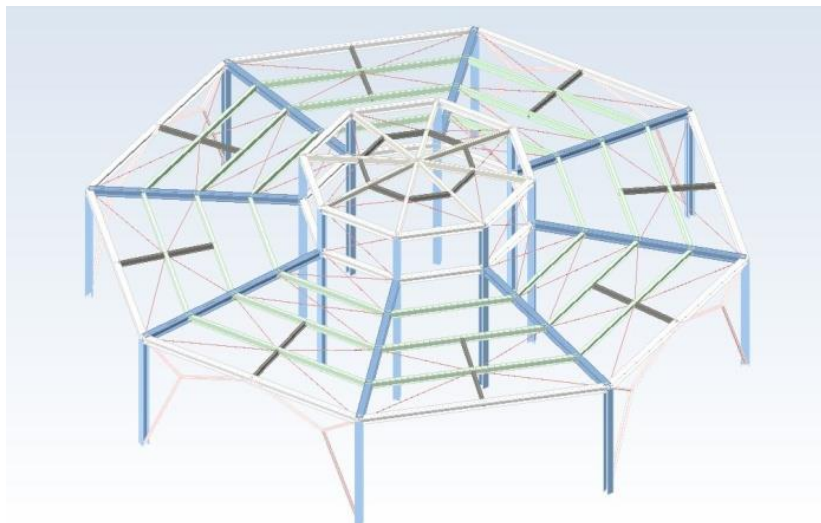


Figura 2 - Modello FEM della struttura-elementi

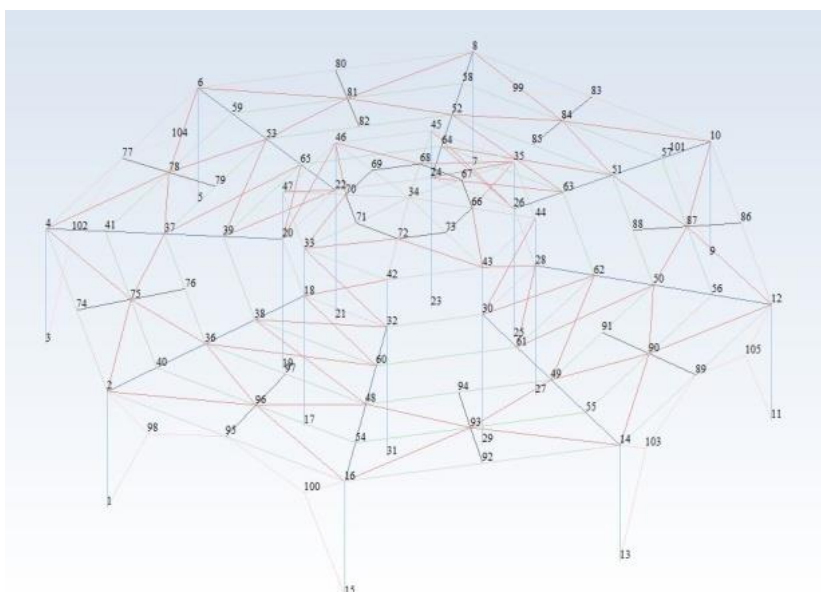


Figura 3 - Modello FEM della struttura-nodi

L'edificio "ASm" è costituito da un solo piano, è destinato ad uso magazzino e presenta una pianta rettangolare di dimensioni 13x5m ca. e altezza 3.60 m. La struttura portante è realizzata in muratura armata con blocco portante di sp.25cm e le coperture son in laterocemento con tralicci, pignatte e soletta 16+4cm, la struttura è posta a 70 cm dal piano campagna e poggia su una platea di fondazione in c.a di 30 cm.

1.3 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

1.3.1 PREMESSA

Per valutare se un'opera strutturale è sicura bisogna far riferimento a degli *stati limite*, che possono verificarsi durante un determinato *periodo di riferimento* della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire:

- in primo luogo la *vita nominale* dell'opera, che congiuntamente alla *classe d'uso*, permette di determinare il *periodo di riferimento*;
- una volta definito il periodo di riferimento e i diversi stati limite da considerare, dopo aver definito le relative *probabilità di superamento* è possibile stabilire il *periodo di ritorno* associato a ciascun stato limite;
- a questo punto è possibile definire la **pericolosità sismica di base** per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006.

1.3.2 VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Nel **DM 17 gennaio 2018**-Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad (2.1)$$

dove:

VR = periodo di riferimento

VN = vita nominale

CU = coefficiente d'uso

La vita nominale di un'opera strutturale VN, secondo le NTC 2018, è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità.

I valori minimi di VN da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.1. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

Tab. 2.1 – Valori minimi della Vita nominale VN di progetto per i diversi tipi di costruzioni

| TIPI DI COSTRUZIONI | | Valori minimi di VN (anni) |
|---------------------|--|----------------------------|
| 1 | Costruzioni temporanee e provvisorie | 10 |
| 2 | Costruzioni con livelli di prestazioni | 50 |
| 3 | Costruzioni con livelli di prestazioni elevati | 100 |

Nel caso specifico **VN = 50 anni**.

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. Le NTC 2018 prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli. $C_U = 0.7$;

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. $C_U = 1.0$;

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. $C_U = 1.5$;

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 DM 5/11/2001, 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. CU = 2.0;

Nel caso in esame viene presa in considerazione la **classe d'uso II** a cui è associato il coefficiente d'uso **CU = 1.0**.

Ricavati i valori di VN e CU, è possibile calcolare il periodo di riferimento VR, che qui vale:

VR = 50 * 1 = 50 anni.

1.3.3 STATI LIMITE, PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO E PERIODO DI RITORNO

Le NTC 2018 prendono in considerazione 4 possibili *stati limite* (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono *stati limite di esercizio* (SLE) e due sono *stati limite ultimi* (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

- **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 ed 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 rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

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

Ad ogni stato limite è associata una *probabilità di superamento PVR* (Tabella 3.1), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento VR, si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di **ag** prefissata (**ag** = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/TR$ (**TR** = periodo di ritorno).

Tabella 3.1- Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento VR

| | | |
|--|-----|------------------|
| Stato limite di esercizio: operatività | SLO | PVR = 81% |
| Stato limite di esercizio: danno | SLD | PVR = 63% |
| Stati limite ultimo: salvaguardia della vita | SLV | PVR = 10% |
| Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso | SLC | PVR = 5% |

Fissati VR e PVR associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica TR, espresso in anni, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (3.1)$$

Tale relazione tra PVR (probabilità) e TR (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

Poiché è **VR = 50 anni**, il tempo di ritorno TR sarà:

Tabella 3.2- Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento VR

| | | |
|--|-----|-----------------|
| Stato limite di esercizio: operatività | SLO | TR = 30 |
| Stato limite di esercizio: danno | SLD | TR = 50 |
| Stati limite ultimo: salvaguardia della vita | SLV | TR = 475 |
| Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso | SLC | TR = 975 |

1.3.4 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC 2018, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC 2018 si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica".

Secondo le NTC 2018 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno TR (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'**Allegato A** alle NTC08:

a_g = accelerazione orizzontale massima;

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_C^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

a_g , il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

F_0 e T_C^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC08 scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti in tabella (Tabella 4.1), contenuta nell'**Allegato B** delle NTC08 (a cui le NTC 2018 fanno riferimento), per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

Tabella 4.1- Stralcio della tabella contenuta nell'Allegato B delle NTC08, che fornisce i 3 parametri di pericolosità sismica, per diversi periodi di ritorno e per ogni nodo del reticolo che viene identificato da un ID e dalle coordinate geografiche.

| ID | LON | LAT | TR = 30 | | | TR = 50 | | | TR = 72 | | | TR = 101 | | |
|-------|--------|---------|---------|-------|---------|---------|-------|---------|---------|-------|---------|----------|-------|---------|
| | | | a_g | F_0 | T_C^* | a_g | F_0 | T_C^* | a_g | F_0 | T_C^* | a_g | F_0 | T_C^* |
| 13111 | 6.5448 | 45.1340 | 0.263 | 2.500 | 0.180 | 0.340 | 2.510 | 0.210 | 0.394 | 2.550 | 0.220 | 0.469 | 2.490 | 0.240 |
| 13333 | 6.5506 | 45.0850 | 0.264 | 2.490 | 0.180 | 0.341 | 2.510 | 0.210 | 0.395 | 2.550 | 0.220 | 0.469 | 2.490 | 0.240 |
| 13555 | 6.5564 | 45.0350 | 0.264 | 2.500 | 0.180 | 0.340 | 2.510 | 0.200 | 0.393 | 2.550 | 0.220 | 0.466 | 2.500 | 0.240 |
| 13777 | 6.5621 | 44.9850 | 0.263 | 2.500 | 0.180 | 0.338 | 2.520 | 0.200 | 0.391 | 2.550 | 0.220 | 0.462 | 2.510 | 0.240 |
| 12890 | 6.6096 | 45.1880 | 0.284 | 2.460 | 0.190 | 0.364 | 2.510 | 0.210 | 0.431 | 2.500 | 0.220 | 0.509 | 2.480 | 0.240 |
| 13112 | 6.6153 | 45.1390 | 0.286 | 2.460 | 0.190 | 0.366 | 2.510 | 0.210 | 0.433 | 2.500 | 0.220 | 0.511 | 2.480 | 0.240 |
| 13334 | 6.6210 | 45.0890 | 0.288 | 2.460 | 0.190 | 0.367 | 2.510 | 0.210 | 0.434 | 2.500 | 0.220 | 0.511 | 2.490 | 0.240 |
| 13556 | 6.6268 | 45.0390 | 0.288 | 2.460 | 0.190 | 0.367 | 2.510 | 0.210 | 0.433 | 2.510 | 0.220 | 0.510 | 2.490 | 0.240 |
| 13778 | 6.6325 | 44.9890 | 0.288 | 2.460 | 0.190 | 0.366 | 2.520 | 0.210 | 0.430 | 2.510 | 0.220 | 0.507 | 2.500 | 0.240 |
| 14000 | 6.6383 | 44.9390 | 0.286 | 2.470 | 0.190 | 0.363 | 2.520 | 0.210 | 0.426 | 2.520 | 0.220 | 0.502 | 2.500 | 0.240 |
| 14222 | 6.6439 | 44.8890 | 0.284 | 2.470 | 0.190 | 0.360 | 2.530 | 0.210 | 0.421 | 2.530 | 0.220 | 0.497 | 2.500 | 0.240 |
| 12891 | 6.6803 | 45.1920 | 0.306 | 2.430 | 0.200 | 0.389 | 2.500 | 0.210 | 0.467 | 2.470 | 0.230 | 0.544 | 2.490 | 0.230 |
| 10228 | 6.6826 | 45.7940 | 0.283 | 2.420 | 0.200 | 0.364 | 2.460 | 0.220 | 0.430 | 2.460 | 0.240 | 0.505 | 2.440 | 0.250 |
| 13113 | 6.6860 | 45.1430 | 0.309 | 2.430 | 0.200 | 0.391 | 2.510 | 0.210 | 0.470 | 2.470 | 0.230 | 0.546 | 2.490 | 0.230 |
| 10450 | 6.6885 | 45.7450 | 0.278 | 2.440 | 0.200 | 0.356 | 2.480 | 0.220 | 0.415 | 2.500 | 0.230 | 0.485 | 2.470 | 0.250 |
| 13335 | 6.6915 | 45.0930 | 0.310 | 2.430 | 0.200 | 0.392 | 2.510 | 0.210 | 0.470 | 2.480 | 0.230 | 0.546 | 2.500 | 0.230 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 10672 | 6.6942 | 45.6950 | 0.275 | 2.450 | 0.200 | 0.351 | 2.490 | 0.210 | 0.406 | 2.520 | 0.230 | 0.475 | 2.490 | 0.250 |
| 13557 | 6.6973 | 45.0430 | 0.311 | 2.440 | 0.200 | 0.392 | 2.520 | 0.210 | 0.469 | 2.480 | 0.230 | 0.545 | 2.500 | 0.230 |
| 13779 | 6.7029 | 44.9930 | 0.310 | 2.440 | 0.200 | 0.391 | 2.520 | 0.210 | 0.467 | 2.480 | 0.230 | 0.543 | 2.500 | 0.230 |

Qualora la pericolosità sismica del sito sul reticolo di riferimento non consideri il periodo di ritorno T_R corrispondente alla VR e PVR fissate, il valore del generico parametro p ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione (Figura 4.1), a partire dai dati relativi ai tempi di ritorno previsti nella pericolosità di base, utilizzando la seguente espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)^{-1} \quad (4.1)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (ag , Fo , TC^*) corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato, mentre p_1 , p_2 è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno T_{R1} , T_{R2} .

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando l'espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}} \quad (4.2)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (ag , Fo , TC^*) corrispondente al punto considerato, p_i è il valore di tale parametro nell' i -esimo vertice della maglia elementare contenente il punto in esame e d_i è la distanza del punto in esame dall' i -esimo vertice della suddetta maglia.

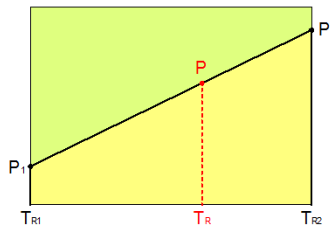


Figura 4.1 - Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

La procedura per interpolare le coordinate geografiche è schematizzata nella Figura 4.2

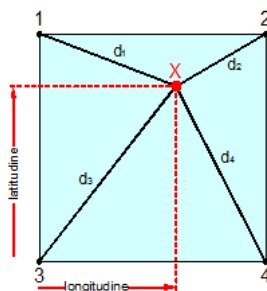


Figura 4.2 - Interpolazione delle coordinate geografiche, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

Pertanto per poter procedere all'interpolazione delle coordinate geografiche, in accordo alla procedura delle NTC08, bisogna calcolare le distanze che intercorrono tra i 4 punti del reticolo e il punto di interesse. Questo calcolo può essere eseguito approssimativamente utilizzando le formule della trigonometria sferica, che danno la distanza geodetica tra due punti, di cui siano note le coordinate geografiche. Utilizzando quindi il teorema di Eulero, la distanza d tra due punti, di cui siano note latitudine e longitudine, espresse però in radianti, si ottiene dall'espressione seguente:

$$d = R \cdot \arccos[\sin(\text{lat}\beta) \cdot \sin(\text{lat}\alpha) + \cos(\text{lat}\beta) \cdot \cos(\text{lat}\alpha) \cdot \cos(\text{lon}\alpha - \text{lon}\beta)] \quad (4.3)$$

dove $R = 6371$ è il raggio medio terrestre in km, mentre $\text{lat}\alpha$, $\text{lon}\alpha$, $\text{lat}\beta$ e $\text{lon}\beta$ sono la latitudine e la longitudine, espresse in radianti, di due punti A e B di cui si vuole calcolare la distanza. La formula di interpolazione sopra proposta, semplice da usare, presenta però l'inconveniente di condurre a valori di pericolosità lievemente diversi per punti affacciati ma appartenenti a maglie contigue. La modestia delle differenze (scostamenti in termini di PGA dell'ordine di $\pm 0,01g$ ossia della precisione dei dati) a fronte della semplicità d'uso, rende tale stato di cose assolutamente accettabile. Qualora si vogliano rappresentazioni continue della funzione interpolata, si dovrà ricorrere a metodi di interpolazione più complessi, ad esempio i polinomi di Lagrange.

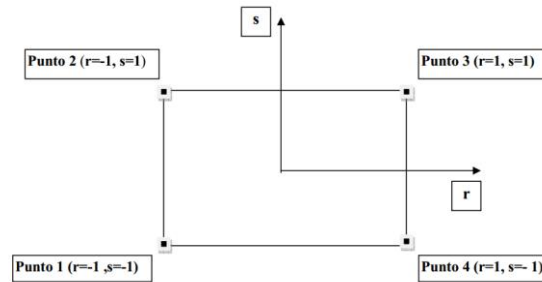


Figura 4.3 - Applicazione dell'interpolazione bilineare.

Definiti i 4 vertici di una generica maglia i polinomi di Lagrange sono così determinati:

$$h_1 = (1-r) \cdot (1-s)/4 \quad (4.4)$$

$$h_2 = (1-r) \cdot (1+s)/4 \quad (4.5)$$

$$h_3 = (1+r) \cdot (1+s)/4 \quad (4.6)$$

$$h_4 = (1+r) \cdot (1-s)/4 \quad (4.7)$$

Tra le coordinate x, y di un punto generico e le coordinate r, s dello stesso punto valgono le seguenti relazioni:

$$4x = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot x_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot x_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot x_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot x_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot x_4] \quad (4.8)$$

$$4y = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot y_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot y_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot y_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot y_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot y_4] \quad (4.9)$$

La soluzione del sistema di equazioni non lineari è ottenuta iterativamente e, tramite i valori di r ed s , si determinano i parametri ag , $F0$, Tc^* dall'equazione:

$$4p = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot p_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot p_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot p_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot p_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot p_4] \quad (4.10)$$

Dove p rappresenta il parametro cercato.

1.3.5 PERICOLOSITA' SISMICA DI SITO

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2). I coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v dipendono del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera da calcolare. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno (TR) dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1-P_{VR})} \quad (5.1)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e P_{VR} probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R non può essere inferiore a 35 anni.

Vita nominale (Vn): 50 [anni]
Classe d'uso: II
Coefficiente d'uso (Cu): 1.0
Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 42.9270287 [°]
Longitudine (WGS84): 12.7100430 [°]
Latitudine (ED50): 42.9279938 [°]
Longitudine (ED50): 12.7109795 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

| Punto | ID | Latitudine (ED50) [°] | Longitudine (ED50) [°] | Distanza [m] |
|-------|-------|--------------------------|---------------------------|-----------------|
| 1 | 23853 | 42.931990 | 12.670660 | 3312.57 |
| 2 | 23854 | 42.932460 | 12.738920 | 2328.36 |
| 3 | 24076 | 42.882470 | 12.739540 | 5570.92 |
| 4 | 24075 | 42.882000 | 12.671300 | 6049.84 |

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC per il punto d'indagine:

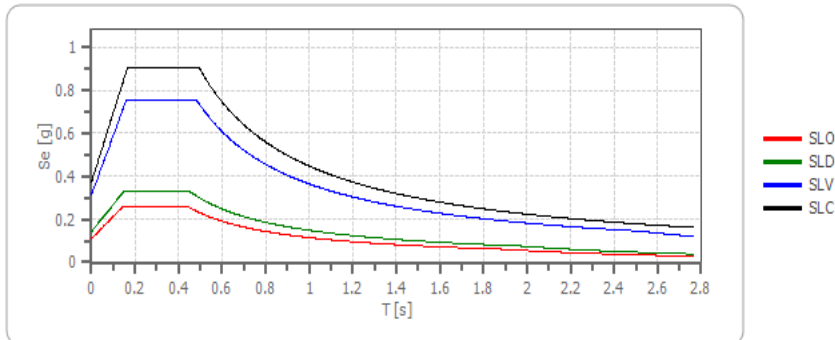
| Stato limite | Tr [anni] | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO | 30 | 0.072 | 2.408 | 0.273 |
| SLD | 50 | 0.094 | 2.353 | 0.280 |
| SLV | 475 | 0.229 | 2.407 | 0.313 |
| SLC | 975 | 0.292 | 2.420 | 0.326 |

1.3.5.1 Pericolosità sismica di sito

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5%
Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1.000
Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica:
T2: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

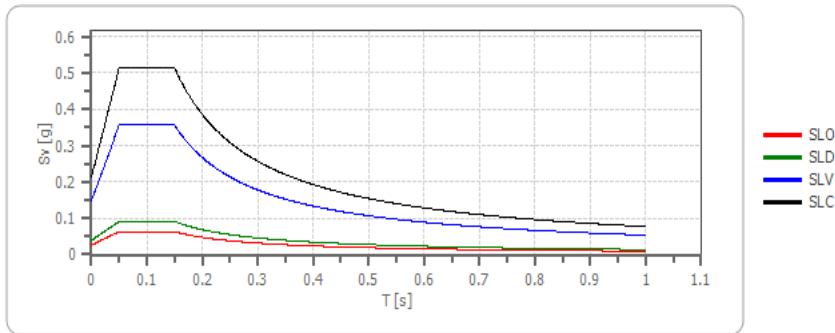


| | cu | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | S [-] | η [-] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(TB) [g] |
|-----|-----|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|---------------|-----------|-----------|-----------|--------------|---------------|
| SLO | 1.0 | 0.072 | 2.408 | 0.273 | 1.500 | 1.610 | 1.000 | 1.500 | 1.000 | 0.146 | 0.439 | 1.889 | 0.109 | 0.261 |
| SLD | 1.0 | 0.094 | 2.353 | 0.280 | 1.500 | 1.600 | 1.000 | 1.500 | 1.000 | 0.149 | 0.448 | 1.976 | 0.141 | 0.332 |
| SLV | 1.0 | 0.229 | 2.407 | 0.313 | 1.370 | 1.540 | 1.000 | 1.370 | 1.000 | 0.161 | 0.482 | 2.516 | 0.314 | 0.756 |
| SLC | 1.0 | 0.292 | 2.420 | 0.326 | 1.280 | 1.520 | 1.000 | 1.280 | 1.000 | 0.165 | 0.495 | 2.766 | 0.373 | 0.903 |

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5%Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{1/2}$: 1.000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



| | cu | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | S [-] | η [-] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(TB) [g] |
|-----|-----|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|---------------|-----------|-----------|-----------|--------------|---------------|
| SLO | 1.0 | 0.072 | 2.408 | 0.273 | 1 | 1.610 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.050 | 0.150 | 1.000 | 0.026 | 0.063 |
| SLD | 1.0 | 0.094 | 2.353 | 0.280 | 1 | 1.600 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.050 | 0.150 | 1.000 | 0.039 | 0.092 |
| SLV | 1.0 | 0.229 | 2.407 | 0.313 | 1 | 1.540 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.050 | 0.150 | 1.000 | 0.148 | 0.356 |
| SLC | 1.0 | 0.292 | 2.420 | 0.326 | 1 | 1.520 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.050 | 0.150 | 1.000 | 0.212 | 0.514 |

1.3.5.2 Spettro di progetto

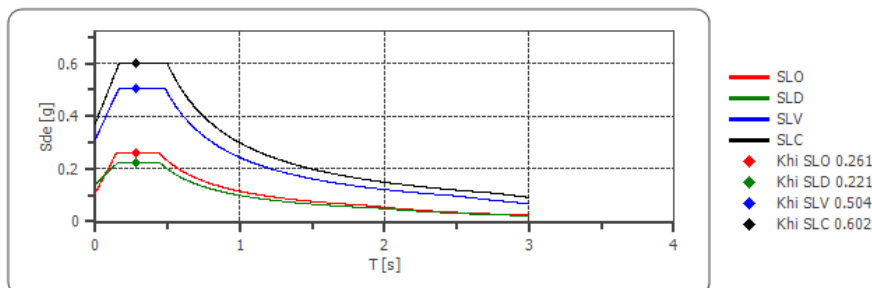
Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1.50

Fattore di struttura spettro verticale q: 1.50

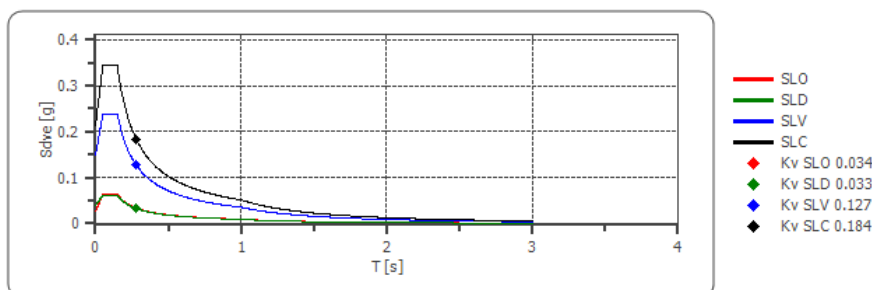
Periodo fondamentale T: 0.28 [s]

| | SLO | SLD | SLV | SLC |
|---|-------|-------|-------|-------|
| k _{hi} = S _d e(T) Orizzontale [g] | 0.261 | 0.221 | 0.504 | 0.602 |
| k _v = S _d v _e (T) Verticale [g] | 0.034 | 0.033 | 0.127 | 0.184 |

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali



| | cu | ag | F0 | Tc* | Ss | Cc | St | S | q | TB | TC | TD | Sd(0) | Sd(TB) |
|-----------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| SLO orizzontale | 1.0 | 0.072 | 2.408 | 0.273 | 1.500 | 1.610 | 1.000 | 1.500 | 1.000 | 0.146 | 0.439 | 1.889 | 0.109 | 0.261 |
| SLO verticale | 1.0 | 0.072 | 2.408 | 0.273 | 1.500 | 1.610 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.050 | 0.150 | 1.000 | 0.026 | 0.063 |
| SLD orizzontale | 1.0 | 0.094 | 2.353 | 0.280 | 1.500 | 1.600 | 1.000 | 1.500 | 1.500 | 0.149 | 0.448 | 1.976 | 0.141 | 0.221 |
| SLD verticale | 1.0 | 0.094 | 2.353 | 0.280 | 1.500 | 1.600 | 1.000 | 1.000 | 1.500 | 0.050 | 0.150 | 1.000 | 0.039 | 0.061 |
| SLV orizzontale | 1.0 | 0.229 | 2.407 | 0.313 | 1.370 | 1.540 | 1.000 | 1.370 | 1.500 | 0.161 | 0.482 | 2.516 | 0.314 | 0.504 |
| SLV verticale | 1.0 | 0.229 | 2.407 | 0.313 | 1.370 | 1.540 | 1.000 | 1.000 | 1.500 | 0.050 | 0.150 | 1.000 | 0.148 | 0.238 |
| SLC orizzontale | 1.0 | 0.292 | 2.420 | 0.326 | 1.280 | 1.520 | 1.000 | 1.280 | 1.500 | 0.165 | 0.495 | 2.766 | 0.373 | 0.602 |
| SLC verticale | 1.0 | 0.292 | 2.420 | 0.326 | 1.280 | 1.520 | 1.000 | 1.000 | 1.500 | 0.050 | 0.150 | 1.000 | 0.212 | 0.343 |

Il progettista strutturale
Ing. Paolo Satta

