



**REGIONE LAZIO**  
**AREA METROPOLITANA DI ROMA CAPITALE**  
**COMUNE DI CIVITAVECCHIA**

**ELABORATI GRAFICI**  
**PER PROGETTO ESECUTIVO**

**PROGETTO DI UN IMPIANTO SPORTIVO**  
**POLIVALENTE - LOCALITA' SAN LIBORIO**

**RELAZIONE**  
**DI CALCOLO**

**TAV. RS4**

**SCALA:**  
**nessuna**



**IL COMMITTENTE**

Comune di Civitavecchia

**IL PROGETTISTA**

Ing. Vincenzo Caruso  
Arch. Carola Panarese



**DATA**

14/02/2023

**REVISIONE 2 - DATA:**

**FIRMA:**

## INDICE

---

INDICE .....	1
UNITA' DI MISURA.....	2
CARICHI PERMANENTI PROPRI E SOVRACCARICHI PERMANENTI .....	4
SOVRACCARICHI VARIABILI .....	6
AZIONE DELLA NEVE.....	8
AZIONE DEL VENTO .....	10
AZIONE SISMICA.....	13
VITA NOMINALE DELLE OPERE .....	13
CLASSE D'USO DELLE OPERE .....	14
PERIODO DI RIFERIMENTO DELL'AZIONE SISMICA.....	14
STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITA' DI SUPERAMENTO.....	15
CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE .....	15
PARAMETRI DI PERICOLOSITA' SISMICA .....	18

## UNITA' DI MISURA

Si riportano di seguito le unità di misura del sistema internazionale (S.I.) e del sistema tecnico (M.K.S.).

Laddove nel corso della trattazione si faccia riferimento al sistema di misura tecnico M.K.S. occorre considerare la seguente conversione:

$$1 \text{ Kg}_{(f)} = 9.81 \text{ N} \approx 10 \text{ N}$$

Se non diversamente specificato, e qualora non si presenti ambiguità, si adotta il simbolo kg in luogo di  $\text{kg}_{(f)}$ .

### Sistema internazionale (S.I.)

Descrizione	Unità di misura	Simbolo	Equivalenza
Lunghezza	metro	m	
	centimetro	cm	$= 10^{-2} \text{ m}$
	millimetro	mm	$= 10^{-3} \text{ m}$
Area	metri quadrati	$\text{m}^2$	
	centimetri quadrati	$\text{cm}^2$	$= 10^{-4} \text{ m}^2$
	millimetri quadrati	$\text{mm}^2$	$= 10^{-6} \text{ m}^2$
Forza	newton	N	
	decanewton	daN	$= 10 \text{ N}$
	kilonewton	kN	$= 10^3 \text{ N}$
Massa	kilogrammo	$\text{kg}_{(m)}$	
Pressione	pascal	Pa	$= 1 \text{ N/m}^2$
	kilopascal	kPa	$= 1 \text{ kN/m}^2$
	megapascal	MPa	$= 1 \text{ N/mm}^2$
	gigapascal	GPa	$= 10^3 \text{ N/mm}^2$
Densità	kilogrammi al metro cubo	$\text{kg/m}^3$	
Peso specifico	kilonewton al metro cubo	$\text{kN/m}^3$	
Temperatura	gradi centigradi	°C	

### Sistema tecnico (M.K.S.)

Descrizione	Unità di misura	Simbolo	Equivalenza
Lunghezza	metro	m	
	centimetro	cm	$= 10^{-2} \text{ m}$
	millimetro	mm	$= 10^{-3} \text{ m}$
Area	metri quadrati	$\text{m}^2$	

	centimetri quadrati millimetri quadrati	$\text{cm}^2$ $\text{mm}^2$	$= 10^{-4} \text{ m}^2$ $= 10^{-6} \text{ m}^2$
Forza	kilogrammo forza tonnellata	$\text{kg}_{(f)}$ t	$= 10^3 \text{ kg}_{(f)}$
Massa	kilogrammo	kg	
Pressione	kilogrammo forza al centimetro quadrato tonnellata al metro quadrato	$\text{kg}/\text{cm}^2$ $\text{t}/\text{m}^2$	$= 10^{-1} \text{ kg}/\text{cm}^2$
Densità	kilogrammi al metro cubo	$\text{kg}/\text{m}^3$	
Peso specifico	kilogrammi forza al metro cubo	$\text{kgf}/\text{m}^3$	
Temperatura	gradi centigradi	$^{\circ}\text{C}$	

## CARICHI PERMANENTI PROPRI E SOVRACCARICHI PERMANENTI

Per la determinazione dei pesi propri strutturali dei più comuni materiali si assumono i pesi dell'unità di volume riportati nella seguente tabella

*Pesi dell'unità di volume dei principali materiali strutturali*

MATERIALI	PESO UNITÀ DI VOLUME [kN/m <sup>3</sup> ]
<b>Calcestruzzi cementizi e malte</b>	
Calcestruzzo ordinario	24,0
Calcestruzzo armato (e/o precompresso)	25,0
Calcestruzzi "leggeri": da determinarsi caso per caso	14,0 ÷ 20,0
Calcestruzzi "pesanti": da determinarsi caso per caso	28,0 ÷ 50,0
Malta di calce	18,0
Malta di cemento	21,0
Calce in polvere	10,0
Cemento in polvere	14,0
Sabbia	17,0
<b>Metalli e leghe</b>	
Acciaio	78,5
Ghisa	72,5
Alluminio	27,0
<b>Materiale lapideo</b>	
Tufo vulcanico	17,0
Calcare compatto	26,0
Calcare tenero	22,0
Gesso	13,0
Granito	27,0
Laterizio (pieno)	18,0
<b>Legnami</b>	
Conifere e pioppo	4,0 ÷ 6,0
Latifoglie (escluso pioppo)	6,0 ÷ 8,0
<b>Sostanze varie</b>	
Acqua dolce (chiara)	9,81
Acqua di mare (chiara)	10,1
Carta	10,0
Vetro	25,0
Per materiali non compresi nella tabella si potrà far riferimento a specifiche indagini sperimentali o a normative di comprovata validità assumendo i valori nominali come valori caratteristici.	

Si considerano carichi permanenti non strutturali i carichi non rimovibili durante il normale esercizio della costruzione, quali quelli relativi a tamponature esterne, divisori interni, massetti, isolamenti, pavimenti e rivestimenti del piano di calpestio, intonaci, controsoffitti, impianti ed altro.

Gli stessi si valutano sulla base delle dimensioni effettive delle opere e dei pesi dell'unità di volume dei materiali costituenti.

Data la presenza di orizzontamenti con capacità di ripartizione trasversale, i carichi permanenti portati ed i carichi variabili si assumono, per la verifica d'insieme, come uniformemente ripartiti.

I tramezzi e gli impianti leggeri si assumono come carichi equivalenti distribuiti, dal momento che i solai presentano adeguata capacità di ripartizione trasversale.

## SOVRACCARICHI VARIABILI

---

Si considerano i valori nominali e/o caratteristici dei carichi di esercizio, comprensivi degli effetti dinamici ordinari, in funzione della tipologia d'uso dell'ambiente.

I carichi verticali concentrati  $Q_k$  formano oggetto di verifiche locali e non si sovrappongono ai corrispondenti carichi ripartiti  $q_k$ . Si considera per  $Q_k$  una forma dell'impronta di carico quadrata pari a 50 x 50 mm; per le rimesse e i parcheggi si applicano su due impronte di 200 x 200 mm distanti 1.80 m.

I carichi orizzontali lineari  $H_k$  formano oggetto di verifiche locali e non si sommano ai carichi utilizzati nelle verifiche dell'edificio nel suo insieme; devono essere applicati a pareti (alla quota di 1.20 m dal rispettivo piano di calpestio) e ai parapetti o mancorrenti, alla quota del bordo superiore.

Valori dei carichi di esercizio per le diverse categorie di edifici

Cat.	Ambienti	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]	$H_k$ [kN/m]
A	<b>Ambienti ad uso residenziale.</b> Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi. (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00
B	<b>Uffici.</b> 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	<b>Ambienti suscettibili di affollamento</b> 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
D	<b>Ambienti ad uso commerciale.</b> Cat. D1 Negozi Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini, librerie...	4,00 5,00	4,00 5,00	2,00 2,00
E	<b>Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale.</b> Cat. E1 Biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri Cat. E2 Ambienti ad uso industriale, da valutarsi caso per caso	$\geq 6,00$ —	6,00 —	1,00* —
F-G	<b>Rimesse e parcheggi.</b> Cat. F Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico fino a 30 kN Cat. G Rimesse e parcheggi per transito di automezzi di peso a pieno carico superiore a 30 kN: da valutarsi caso per caso	2,50 —	2 x 10,00 —	1,00** —
H	<b>Coperture e sottotetti</b> Cat. H1 Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione Cat. H2 Coperture praticabili Cat. H3 Coperture speciali (impianti, eliporti, altri) da valutarsi caso per caso	0,50 — —	1,20 — —	1,00 — —
* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati				
** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso				



## AZIONE DELLA NEVE

Si procede alla valutazione dell'azione della neve secondo quanto riportato al **punto 3.4 del DM 17 gennaio 2018**.

La costruzione si deve realizzare nella **provincia di Roma**, ricadente in **Zona III**, ad una altitudine  **$a_s = 53$  m s.l.m.** (inferiore all'altitudine di riferimento di **200 m s.l.m.**).

Il valore caratteristico della neve al suolo risulta pertanto  **$q_{sk} = 60$  kg/m<sup>2</sup>**.

Il valore del carico della neve sulla copertura si valuta secondo l'espressione  $q_{si} = q_{sk} \mu_i C_E C_T$ , dove  $C_E$  è il coefficiente di esposizione,  $C_T$  è il coefficiente termico,  $\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura.

Il coefficiente di esposizione  $C_E$  tiene conto delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera. Per la sua valutazione si fa riferimento alla classe di topografia, secondo quanto riportato nella seguente tabella

Topografia	Descrizione	$C_E$
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti.	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

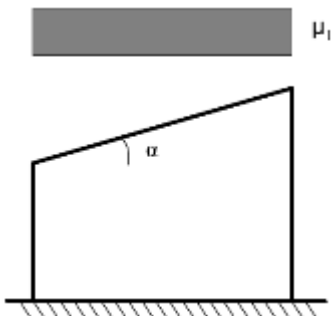



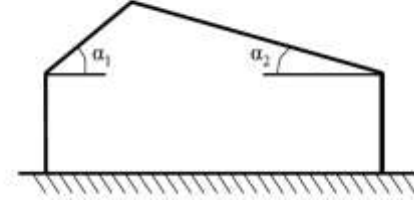
L'area in cui deve sorgere la costruzione in esame è riconducibile alla **classe di topografia normale**, a cui corrisponde un coefficiente di esposizione  **$C_E = 1.0$** .

Il coefficiente termico  $C_T$  tiene conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, dovuta alla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno studio specifico si considera  **$C_T = 1.0$** .

I valori del coefficiente di forma  $\mu_i$  sono riportati in figura in funzione dell'angolo di inclinazione della falda  $\alpha$  formato con l'orizzontale.

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_i$	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Le condizioni di carico da tenere in conto sono in funzione della tipologia di copertura della struttura secondo quanto riportato in tabella:

Condizioni di carico in funzione della tipologia di copertura	
Copertura ad una falda	Copertura a due falde
	<p>Caso I <math>\mu_1(\alpha_1)</math>  <math>\mu_1(\alpha_2)</math></p> <p>Caso II <math>0,5 \mu_1(\alpha_1)</math>  <math>\mu_1(\alpha_2)</math></p> <p>Caso III <math>\mu_1(\alpha_1)</math>  <math>0,5 \mu_1(\alpha_2)</math></p> 
	<p>Per il caso di carico da neve senza vento si deve considerare la condizione denominata caso I.</p> <p>Per il caso di carico da neve con vento si deve considerare la peggiore tra le condizioni denominate caso II e caso III</p>
<p>Si assume che la neve non sia impedita di scivolare. Se l'estremità più bassa della falda termina con un parapetto, una barriera od altre ostruzioni, allora il coefficiente di forma non potrà essere assunto inferiore a 0,8 indipendentemente dall'angolo <math>\alpha</math>.</p>	

La struttura in esame presenta una **copertura ad una falda** con inclinazione  $\alpha = 0.0^\circ$ . Il coefficiente di forma della copertura risulta  $\mu_1 = 0.8$ .

Si stima il carico neve sulla copertura  $q_{s1} = 48 \text{ kg/m}^2$ .

## AZIONE DEL VENTO

Si procede alla valutazione dell'azione del vento secondo quanto riportato al **punto 3.3 del DM 17 gennaio 2018**.

Date le caratteristiche della costruzione, l'azione del vento si riconduce ad un'azione statica equivalente.

Le azioni statiche del vento sono costituite da pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici, sia esterne che interne, degli elementi che compongono la costruzione.

L'azione del vento si determina considerando la combinazione più gravosa della pressione agente sulla superficie esterna e della pressione agente sulla superficie interna.

Nel caso di costruzioni o elementi di grande estensione può non essere trascurabile l'azione tangenziale esercitata dal vento.

Il primo passo per la valutazione dell'azione del vento è la determinazione per il sito in esame della velocità di riferimento  $v_b$ , definita come il valore caratteristico della velocità del vento a 10 m dal suolo su un terreno di categoria di esposizione II (vedi infra), mediata su 10 minuti e riferita ad un periodo di ritorno di 50 anni.

L'azione d'insieme esercitata dal vento su una costruzione è data dalla risultante delle azioni sui singoli elementi, considerando come direzione del vento, quella corrispondente ad uno degli assi principali della pianta della costruzione.

La **velocità di riferimento  $v_b$** , si determina mediante l'espressione:

$$\begin{aligned} v_b &= v_{b,0} && \text{per } a_s \leq a_0 \\ v_b &= v_{b,0} + k_a(a_s - a_0) && \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m} \end{aligned}$$

dove

$v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_a$  sono parametri forniti nella seguente tabella e legati alla regione in cui sorge la costruzione in funzione delle zone definite nella relativa figura;  $a_s$  è l'altitudine sul livello del mare (in m) del sito ove sorge la costruzione.

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [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 l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,020

Per altitudini superiori a 1500 m sul livello del mare si potrà fare riferimento alle condizioni locali di clima e di esposizione. I valori della velocità di riferimento possono essere ricavati da dati supportati da opportuna documentazione o da indagini statistiche adeguatamente comprovate. Fatte salve tali valutazioni, comunque raccomandate in prossimità di vette e crinali, i valori utilizzati non dovranno essere minori di quelli previsti per 1500 m di altitudine.



La costruzione si deve realizzare nella **regione Lazio**, ricadente in **Zona 3**, ad una altitudine  $a_s = 53 \text{ m s.l.m.}$  (**inferiore** all'altitudine di riferimento di **500 m s.l.m.**).

Si determina il valore caratteristico della velocità di riferimento  $v_b = 27 \text{ m/s}$ .

La **pressione cinetica di riferimento**  $q_b$  (in  $\text{N/mm}^2$ ) è data dall'espressione :

$$q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2$$

con  $\rho$  la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a  $1.25 \text{ kg/m}^3$ .

La pressione cinetica di riferimento risulta pertanto  $q_b = 46 \text{ kg/m}^2$ .

La **pressione del vento**  $p$  è data dall'espressione:

$$p = q_b c_e c_p c_d$$

con  $c_e$  il coefficiente di esposizione,  $c_p$  il coefficiente di forma,  $c_d$  il coefficiente dinamico.

L'azione tangenziale del vento  $p_f$  si valuta:

$$p_f = q_b c_e c_f$$

con  $c_f$  è il coefficiente di attrito, funzione della scabrezza della superficie sulla quale il vento esercita l'azione tangente.

Il **coefficiente di esposizione**  $c_e$  dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione.

Ai fini della valutazione dei parametri per la definizione del coefficiente di esposizione  $c_e$ , per la classe di **rugosità del terreno B (aree urbane)** e per una **distanza dalla costa oltre i 30 km e ad una quota inferiore a 500 m**, si attribuisce una **categoria di esposizione del sito IV**. Per il **coefficiente di topografia** si considera  $c_t = 1.0$ .

Per le diverse quote si ricava pertanto:

altezza dal suolo	<b>z (m)</b>	0	5	10	16	20
coeff. di esposizione	<b><math>c_e</math></b>	1.634	1.634	1.783	2.113	2.277

Ai fini della valutazione del **coefficiente di forma**  $c_p$  considerando che la tipologia di elemento colpito dal vento è un **edificio a pianta regolare con copertura piana**, si distingue tra coefficiente di forma per le superfici esterne e per le superfici interne.

Il **coefficiente di forma per le superfici esterne** risulta:

sup. verticale sopravvento:	<b><math>c_{p,e} = 0.8</math></b>
sup. verticale sottovento:	<b><math>c_{p,e} = 0.4</math></b>
falda sopravvento:	inclinazione copertura <b><math>\alpha = 0.0^\circ</math></b> <b><math>c_{p,e} = 0.4</math></b>

Dal momento che si hanno **pareti con aperture di superficie minore di 1/3 di quella totale**, il **coefficiente di forma per le superfici interne** risulta  **$c_{p,i} = \pm 0.2$** .

Il coefficiente di forma per la valutazione dell'azione globale del vento si stima pertanto  **$c_p = 1.2$** .

Il **coefficiente dinamico**  $c_d$  tiene in conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alla risposta dinamica della struttura. Per la tipologia di struttura si assume  **$c_d = 1.0$** .

Per quanto riguarda il valore del **coefficiente di attrito**, considerando una **superficie scabra**, si assume  **$c_f = 0.02$** .

Si ricavano pertanto, in funzione dell'altezza dal suolo, i valori della pressione e dell'azione tangenziale del vento:

altezza dal suolo	<b>z (m)</b>	0	5	10	16	20
pressione del vento	<b>p (kg/m<sup>2</sup>)</b>	90.2	90.2	98.4	116.6	125.7
azione tangenziale del vento	<b>p<sub>t</sub> (kg/m<sup>2</sup>)</b>	0.75	0.75	0.82	0.97	1.05

## AZIONE SISMICA

Nel seguito si riporta lo studio affrontato per la determinazione dei parametri utilizzati nell'analisi sismica con riferimento a quanto previsto nel D.M. 17 gennaio 2018 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni" (di seguito indicato con NTC), nel quale si definiscono le regole da seguire per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni in zona sismica.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

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 (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$ .

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

$a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;

$F_0$  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.

La valutazione della pericolosità sismica prevede un approccio tipo "sito-dipendente" mediante l'identificazione dei parametri su un reticolo di riferimento avente maglia di 10 km di lato (valori riportati nell'allegato B delle NTC). Partendo dai valori dei nodi del reticolo, mediante interpolazione è possibile determinare i parametri di pericolosità sismica per il punto individuato con le sue coordinate geografiche (longitudine e latitudine) in funzione il periodo di ritorno assegnato  $T_R$ .

## VITA NOMINALE DELLE OPERE

La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$  è intesa 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. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella seguente tabella (tratta dalla Tab. 2.4.I delle NTC).

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva <sup>1</sup>	$\leq 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	$\geq 50$
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

Per la struttura in esame, in quanto identificabile come **tipo di costruzione 2**, si prevede una **vita nominale  $V_N = 50$  anni**.

## CLASSE D'USO DELLE OPERE

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 definite in tabella.

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.

La struttura in esame ricade nella **classe d'uso II**.

## PERIODO DI RIFERIMENTO DELL'AZIONE SISMICA

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  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso  $C_U$  è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in tabella (tratta dalla Tab. 2.4.II. delle NTC).

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

Se  $V_R < 35$  anni si pone comunque  $V_R = 35$  anni

Per la struttura in esame si determina un periodo di riferimento dell'azione sismica  $V_R = 50$  anni.

## STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITA' DI SUPERAMENTO

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

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 rigidezza 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 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 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.

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

Stati Limite		$P_{V_R}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

## CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Nella relazione geologica che accompagna il progetto, ai fini della definizione dell'azione sismica si definiscono la categoria del suolo di fondazione dell'area d'intervento e le sue caratteristiche



morfologiche per determinare i coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica, ai sensi del par. 3.2.2 delle NTC.

### Categoria di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si fa riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

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

Per il sito in esame, date le caratteristiche stratigrafiche, si identifica una **categoria di sottosuolo B**.

### Condizioni topografiche

Data la semplice configurazione superficiale, si adotta la classificazione riportata in tabella.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati 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 $i > 30^\circ$

L'area in oggetto, data la morfologia poco acclive, è identificabile nella **categoria topografica T1**.

### Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti  $S_S$  e  $C_C$ , necessari per la definizione degli spettri di risposta, valgono 1.

Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti  $S_S$  e  $C_C$  si calcolano, in funzione dei valori di  $F_0$  e  $T_C^*$  relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella seguente tabella, nelle quali  $g$  è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

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	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

### Amplificazione topografica

Per tener conto delle condizioni topografiche si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati nella tabella, in funzione delle categorie topografiche definite e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

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 del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove  $S_T$  assume valore unitario.

Per il caso in esame si assume un **coefficiente di amplificazione topografica  $S_T = 1.0$** .

## PARAMETRI DI PERICOLOSITA' SISMICA

Vita Nominale	50
Classe d'Uso	3
Categoria del Suolo	B
Categoria Topografica	1
Latitudine del sito oggetto di edificazione	42,101577
Longitudine del sito oggetto di edificazione	11,820273

La struttura ricade in zona sismica di **bassa intensità (zona 3)**, dove l'accelerazione con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni è compresa tra **0.05 g** e **0.10 g**.

Il periodo di ritorno dell'azione sismica corrispondente ai diversi stati limite si valuta sulla base della seguente espressione:

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

con  $p_{VR}$  la probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $V_R$ , associata al diverso stato limite in esame.

I parametri sismici in corrispondenza dei diversi stati limite sono riportati nella seguente tabella.

## Stati limite



Classe Edificio

III. Affollamento significativo...



Vita Nominale

50



Interpolazione

Media ponderata

**CU = 1.5**

Stato Limite	Tr [anni]	a <sub>g</sub> [g]	F <sub>o</sub>	T <sub>c</sub> <sup>*</sup> [s]
Operatività (SLO)	45	0.030	2.647	0.219
Danno (SLD)	75	0.036	2.666	0.258
Salvaguardia vita (SLV)	712	0.067	2.830	0.326
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0.079	2.905	0.339
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	75			

Per la definizione degli spettri di risposta elastici in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali si determinano inoltre i parametri  $S$  ed  $\eta$ , ed i periodi caratteristici  $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$ .

$S$  è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione  $S = S_S \cdot S_T$  essendo  $S_S$  il coefficiente di amplificazione stratigrafica e  $S_T$  il coefficiente di amplificazione topografica,

$\eta$  è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali  $\xi$  diversi dal 5%, mediante la relazione:

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0.55$$

dove  $\xi$  (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione.

Per la struttura in esame si considera uno **smorzamento viscoso equivalente**  $\xi = 5\%$  e un conseguente **fattore di smorzamento**  $\eta = 1.0$ .

$T_B$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro,  $T_C$  è il periodo corrispondente all'inizio dello spettro ad accelerazione costante, mentre  $T_D$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro.

Il valore del fattore di comportamento  $q$  da utilizzare per ciascuna **componente orizzontale** dell'azione sismica, dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e prende in conto le non linearità di materiale. Esso può essere calcolato tramite la seguente espressione:

$$q = q_0 \cdot K_R$$

dove:

$q_0$  è il valore massimo del fattore di struttura che dipende dal livello di duttilità attesa, dalla tipologia strutturale e dal rapporto  $\alpha_u / \alpha_1$  tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la formazione di un numero di cerniere plastiche tali da rendere la struttura labile e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione;

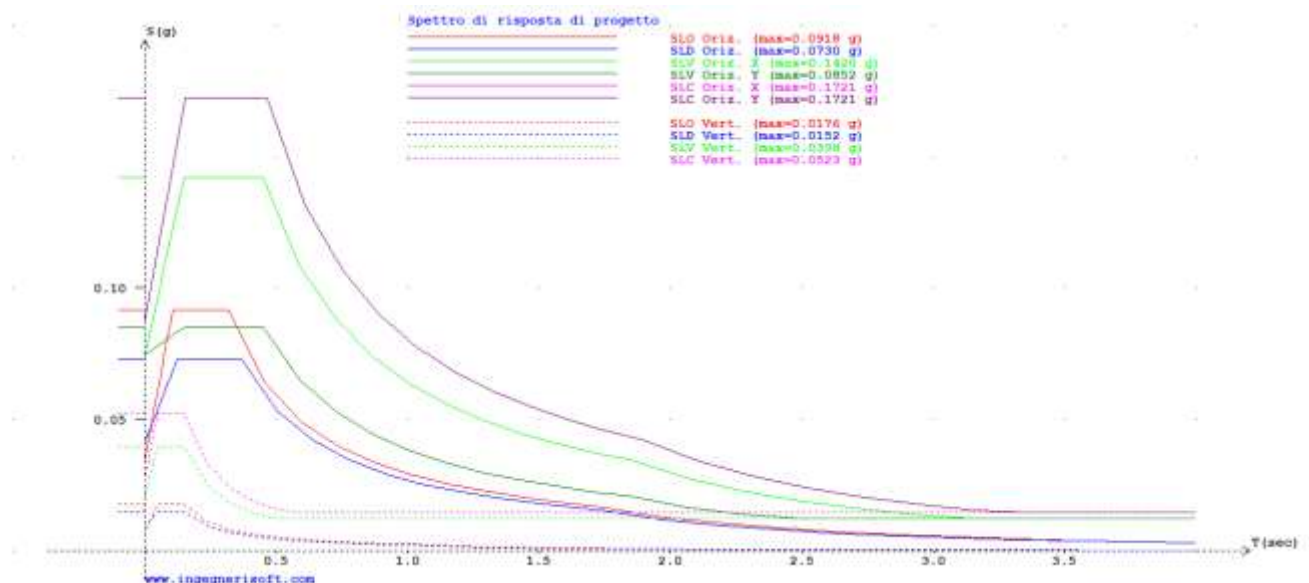
$K_R$  è un fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione, con valore pari ad 1 per costruzioni regolari in altezza e pari a 0,8 per costruzioni non regolari in altezza.

La struttura in esame, è stata progettata come un sistema DISSIPATIVO in Classe A, pertanto il fattore di comportamento di progetto sarà

$$q_0 = 2,50$$

Per la **componente verticale** dell'azione sismica il valore di  $q$ , per qualunque tipologia strutturale e di materiale si assume pari a  $q = 1.5$

Si riportano nella figura seguente gli spettri di progetto in accelerazione valutati per la struttura in esame.



## TABULATI DI CALCOLO