

Evoluzione delle NORMATIVE per la progettazione delle strutture in zona sismica

❑ CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

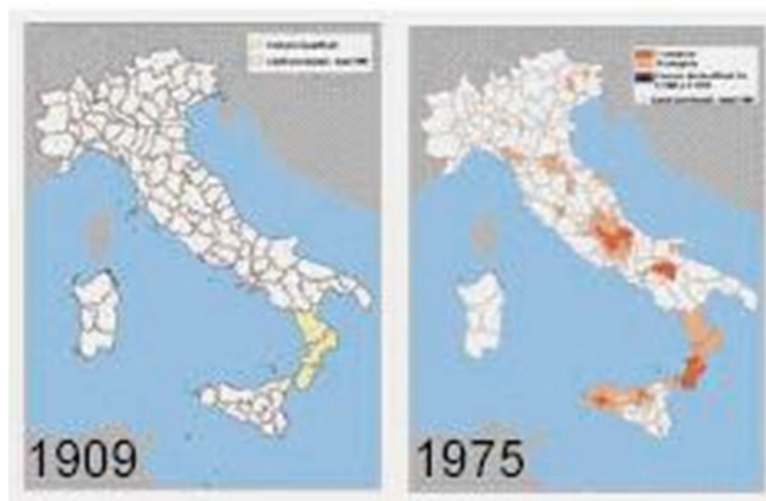
Miglioramenti delle conoscenze e proposte di classificazione sismica del territorio

❑ INGEGNERIA SISMICA E STRUTTURALE

Radicali cambiamenti delle normative sismiche sulla base dei risultati dei numerosi lavori di ricerca sperimentale e teorica svolti in tutto il mondo.

Evoluzione delle NORMATIVE per la progettazione delle strutture in zona sismica

□ CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO



Prima del 1980 la classificazione sismica riguardava solo i comuni che avevano subito eventi sismici significativi a partire dal 1909

Evoluzione delle NORMATIVE per la progettazione delle strutture in zona sismica

□ CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO



- fine degli anni '70: Progetto Finalizzato Geodinamica del CNR (a seguito del terremoto del Friuli del 1976) → **definizione di mappe di pericolosità basate su dati e procedure scientificamente validi.**
- 1981 e il 1984: **classificazione di una cospicua porzione del territorio precedentemente ritenuto non sismico (dal 25% al 45% circa).**

Evoluzione delle NORMATIVE per la progettazione delle strutture in zona sismica

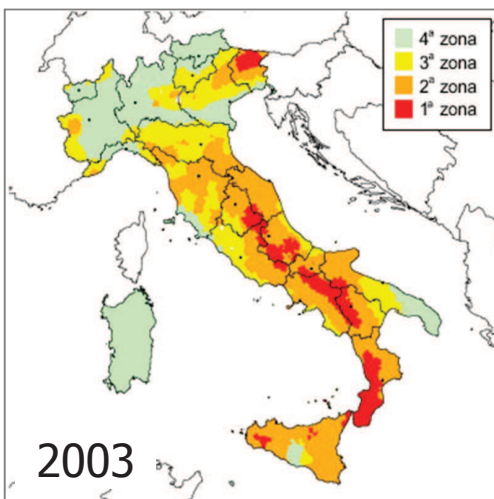
CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO



- 1998: gruppo di lavoro costituito da Servizio Sismico Nazionale, Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti e l'Istituto Nazionale di Geofisica → produzione di nuove mappe di pericolosità ed proposta di riclassificazione del territorio.
- zona sismica, nelle tre categorie previste, circa il 67% dell'intero territorio italiano [Gavarini et al. 1999].

Evoluzione delle NORMATIVE per la progettazione delle strutture in zona sismica

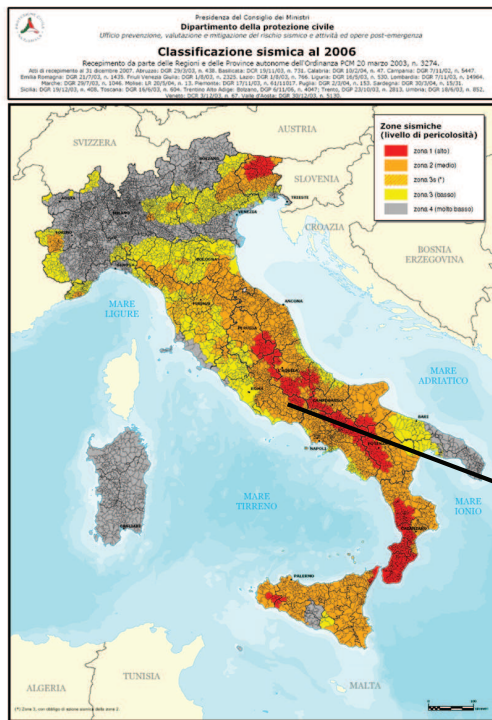
□ CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO



- Nuova classificazione basata sulla proposta del 1998
- assenza di aree "non classificate"
- **introduzione di una zona 4**, nella quale, con facoltà di scelta delle Regioni, si progetterà con criteri semplificati e forze sismiche ridotte

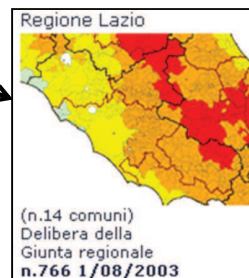
*Evoluzione delle **NORMATIVE** per la progettazione delle strutture in zona sismica*

CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO



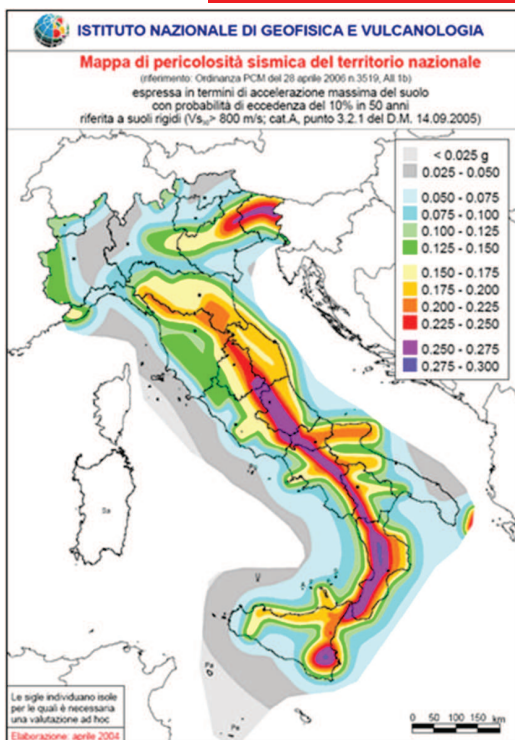
aggiornamento con le comunicazioni delle regioni (ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274/03),

- **zona 1** → **725 comuni**
- **zona 2** → **2344 comuni**
- **Zona 3** → **1544 comuni**
- **Zona 4** → **3488 comuni**



*Evoluzione delle **NORMATIVE** per la progettazione delle strutture in zona sismica*

CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

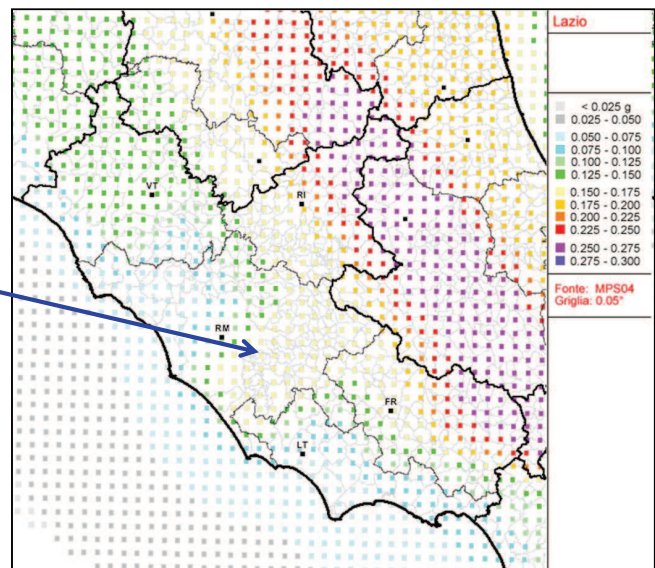
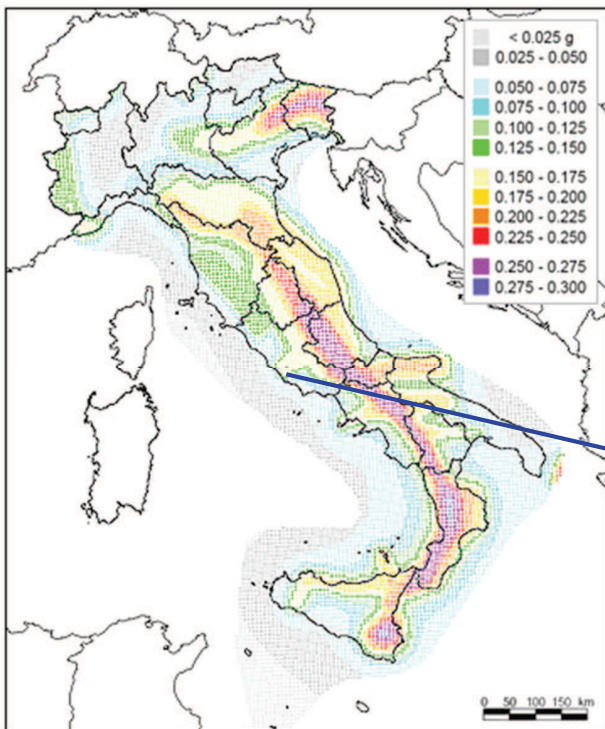


Nuova Classificazione Sismica del Territorio

- Completamento e gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'OPCM3274
- Descrizione spettrale puntuale
- Miglioramento degli spettri

*Evoluzione delle **NORMATIVE** per la progettazione delle strutture in zona sismica*

CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO



DM08 - Azione Sismica

Azione sismica funzione della "pericolosità sismica di base" del sito definita in termini di:

- accelerazione massima attesa (a_g – campo libero, cat.A)
- spettro di risposta elastico (probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R)

Parametri di riferimento (in allegato alla norma):

- a_g : accelerazione 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

DM08 - Azione Sismica

Prestazioni delle costruzioni nei confronti delle azioni sismiche:

STATI LIMITE

Stati Limite di Esercizio:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** la costruzione non subisce danni ed interruzioni d'uso
- **Stato Limite di Danno (SLD):** la costruzione 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 e orizzontali mantenendosi immediatamente utilizzabile.

DM08 - Azione Sismica

Prestazioni delle costruzioni nei confronti delle azioni sismiche:

STATI LIMITE

Stati Limite Ultimi:

- **Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV):**

La costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali.

Perdita significativa della rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali. Resistenza e rigidezza residua nei confronti delle azioni verticali.

Margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

DM08 - Azione Sismica

Prestazioni delle costruzioni nei confronti delle azioni sismiche:

STATI LIMITE

Stati Limite Ultimi:

- **Stato Limite di Prevenzione del Collasso (SLC):**

Gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali.

Margine di sicurezza nei confronti delle azioni verticali.

Esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

DM08 - Azione Sismica

Ad ogni Stato Limite è associata una **probabilità di superamento** P_{VR} nel periodo di riferimento V_R per la valutazione dell'azione sismica.

Tabella 3.2.I – Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato

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

DM08 - 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 :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

DM08 - Azione Sismica

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.**

Tabella 2.4.I – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

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

DM08 - Azione Sismica

Classi d'uso

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

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

DM08 - Azione Sismica

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.

DM08 - Azione Sismica

P_{VR}

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

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

Periodo di ritorno dell'azione sismica

sito

ID	LON	LAT	T _R =30			T _R =50			T _R =72			T _R =101			T _R =140			T _R =201			T _R =475			T _R =975			T _R =2475		
			a _g	F ₀	T _C *	a _g	F ₀	T _C *	a _g	F ₀	T _C *	a _g	F ₀	T _C *	a _g	F ₀	T _C *	a _g	F ₀	T _C *	a _g	F ₀	T _C *	a _g	F ₀	T _C *	a _g	F ₀	T _C *
23422	13.66	43.03	0.556	2.46	0.27	0.702	2.43	0.29	0.821	2.44	0.30	0.953	2.42	0.31	1.004	2.42	0.32	1.236	2.42	0.33	1.756	2.44	0.34	2.260	2.48	0.35	3.001	2.53	0.35
23200	13.56	43.08	0.550	2.45	0.27	0.695	2.44	0.29	0.811	2.45	0.30	0.944	2.42	0.31	1.086	2.42	0.32	1.293	2.41	0.33	1.753	2.43	0.34	2.265	2.46	0.35	3.075	2.54	0.35
22978	13.56	43.13	0.542	2.43	0.27	0.686	2.44	0.29	0.800	2.45	0.30	0.934	2.43	0.31	1.075	2.42	0.32	1.257	2.42	0.33	1.753	2.43	0.34	2.265	2.46	0.35	3.076	2.54	0.35
22756	13.56	43.18	0.533	2.45	0.27	0.676	2.43	0.29	0.792	2.44	0.30	0.925	2.42	0.31	1.066	2.43	0.32	1.231	2.43	0.32	1.756	2.43	0.34	2.307	2.44	0.35	3.151	2.49	0.36
22534	13.56	43.23	0.525	2.43	0.27	0.666	2.42	0.29	0.783	2.43	0.30	0.920	2.42	0.31	1.059	2.45	0.31	1.234	2.46	0.32	1.766	2.47	0.33	2.351	2.46	0.34	3.277	2.45	0.35
22312	13.66	43.28	0.516	2.42	0.28	0.656	2.42	0.29	0.774	2.47	0.29	0.906	2.47	0.30	1.046	2.49	0.31	1.295	2.42	0.32	1.830	2.47	0.32	2.410	2.49	0.32	3.347	2.48	0.34
22090	13.56	43.33	0.505	2.40	0.28	0.643	2.41	0.29	0.765	2.42	0.30	0.897	2.42	0.31	1.037	2.44	0.31	1.278	2.47	0.30	1.833	2.47	0.31	2.410	2.49	0.32	3.425	2.43	0.33
21859	13.56	43.38	0.492	2.40	0.28	0.630	2.41	0.29	0.756	2.42	0.30	0.888	2.42	0.31	1.028	2.44	0.31	1.277	2.46	0.29	1.832	2.46	0.30	2.374	2.54	0.32	3.372	2.47	0.33
21646	13.56	43.43	0.477	2.40	0.28	0.614	2.41	0.29	0.747	2.42	0.30	0.880	2.42	0.31	1.019	2.44	0.31	1.272	2.47	0.29	1.825	2.48	0.30	2.368	2.52	0.31	3.334	2.49	0.32

a_g, F_0, T_C^*

a_g = accelerazione 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.

DM08 - Azione Sismica

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

❖ Descrizione

tre componenti traslazionali X, Y, Z da considerare tra loro indipendenti

la componente verticale Z deve essere considerata solo in casi particolari

In funzione del tipo di analisi adottata:

- accelerazione massima attesa in superficie
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie
- accelerogrammi

DM08 - Azione Sismica

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

❖ note:

- Le due componenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo **stesso spettro di risposta**
- La componente verticale è caratterizzata da un **proprio spettro di risposta** che può essere ricavato in modo semplificato dallo spettro di risposta delle componenti orizzontali.

DM08 - Azione Sismica

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

❖ SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE

È riferito ad uno smorzamento convenzionale del 5%, dall'accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale. E' valido per strutture con periodo inferiore a 4.0 s.

□ per le COMPONENTI ORIZZONTALI

$$0 \leq T < T_B \rightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \rightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \rightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \rightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

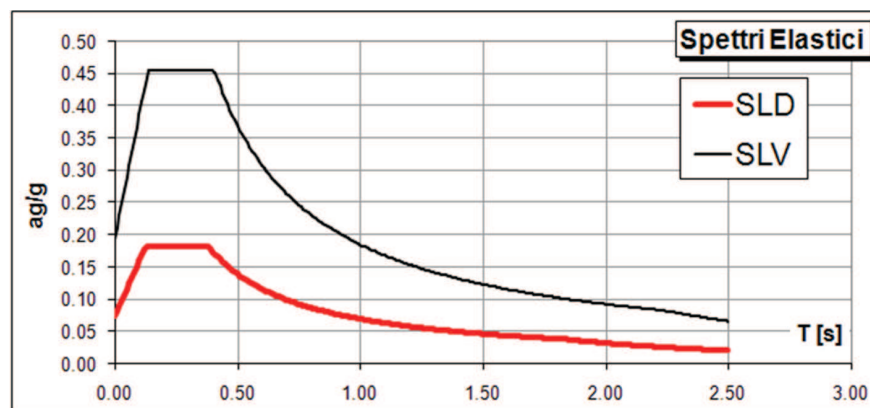
DM08 - Azione Sismica

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

❖ SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE

È riferito ad uno smorzamento convenzionale del 5%, dall'accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale. E' valido per strutture con periodo inferiore a 4.0 s.

□ per le COMPONENTI ORIZZONTALI



DM08 - Azione Sismica

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

❖ SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE

- T_C : periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro: $T_C = C_C T_C^*$

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_S e di C_C

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_{g0}}{\sigma_g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_{g0}}{\sigma_g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_{g0}}{\sigma_g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_{g0}}{\sigma_g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

DM08 - Azione Sismica

Categorie di sottosuolo (effetto della risposta sismica locale): in assenza di analisi specifiche:

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

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

DM08 - Azione Sismica

Categorie di sottosuolo (effetto della risposta sismica locale):
sono necessarie analisi specifiche:

Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

DM08 - Azione Sismica

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

❖ SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE

- **S**: fattore che tiene conto della categoria del suolo e della topografia: **$S = S_S S_T$**

S_S : coefficiente di amplificazione stratigrafica

S_T : coefficiente di amplificazione topografica

DM08 - Azione Sismica

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

❖ SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE

Amplificazione stratigrafica

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

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

DM08 - Azione Sismica

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

❖ SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE

Amplificazione topografica

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

DM08 - Azione Sismica

Condizioni Topografiche

Tabella 3.2.IV – *Categorie topografiche*

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 $i > 30^\circ$



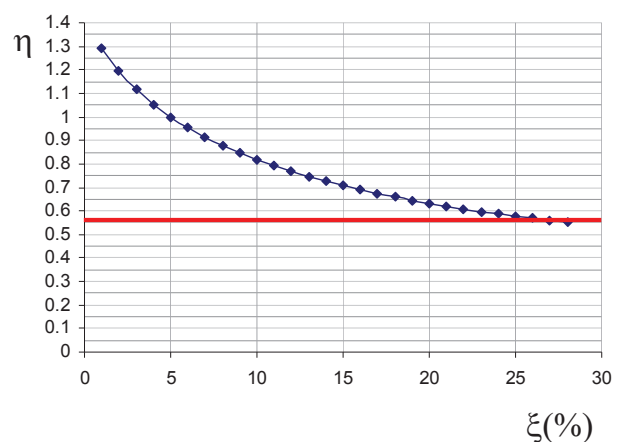
DM08 - Azione Sismica

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

❖ SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE

- η : fattore che modifica la forma dello spettro per coefficienti di smorzamento viscoso ξ diversi dal 5%. Dipende dai materiali, dalla tipologia strutturale e dal terreno di fondazione.

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



DM08 - Azione Sismica

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

❖ SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE

- T_B : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante: $T_B = T_C/3$
- T_D : periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro:
$$T_D = 4.0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1.6$$

DM08 - Azione Sismica

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

❖ SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLA COMPONENTE VERTICALE

$$0 \leq T < T_B \rightarrow S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_V \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta F_V} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \rightarrow S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_V$$

$$T_C \leq T < T_D \rightarrow S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_V \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \rightarrow S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_V \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

F_V : fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima: $F_V = 1.35 \cdot F_o \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0.5}$

Tabella 3.2.VII – Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale

Categoria di sottosuolo	S_s	T_B	T_C	T_D
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

DM08 - Azione Sismica

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

❖ SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLA COMPONENTE VERTICALE

La componente verticale deve essere considerata solo in presenza di elementi pressoché orizzontali con luce superiore a 20 m, elementi precompressi (con l'esclusione dei solai di luce inferiore a 8 m), elementi a mensola di luce superiore a 4 m, strutture di tipo spingente, pilastri in falso, edifici con piani sospesi, ponti, costruzioni con isolamento nei casi specificati in § 7.10.5.3.2 e purché il sito nel quale la costruzione sorge non ricada in zona 3 o 4.

DM08 - Azione Sismica

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

❖ SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN SPOSTAMENTO DELLA COMPONENTE ORIZZONTALE

$$S_{De}(T) = S_e(T) \cdot \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2; \quad (T \leq T_E)$$

$$S_{De}(T) = 0.025 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C \cdot T_D \left[F_o \cdot \eta + (1 - F_o \eta) \frac{T - T_E}{T_F - T_E} \right]; \quad (T_E < T \leq T_F)$$

$$S_{De}(T) = d_g; \quad (T_F < T)$$

Tabella 3.2.VIII – Valori dei parametri T_E e T_F

Categoria sottosuolo	T_E [s]	T_F [s]
A	4,5	10,0
B	5,0	10,0
C, D, E	6,0	10,0

DM08 - Azione Sismica

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

❖ SPOSTAMENTO ORIZZONTALE E VELOCITA' DEL TERRENO

$$d_g = 0.025 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C \cdot T_D$$

$$v_g = 0.16 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C$$

DM08 - Azione Sismica

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

❖ SPETTRI DI PROGETTO

STATI LIMITE DI ESERCIZIO

lo spettro di progetto $S_d(T)$ da utilizzare, sia per le componenti orizzontali che per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente, riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerata.

DM08 - Azione Sismica

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

❖ SPETTRI DI PROGETTO

STATI LIMITE ULTIMI

Le capacità dissipative delle strutture possono essere messe in conto attraverso una riduzione delle forze elastiche, che tiene conto in modo semplificato della capacità dissipativa anelastica della struttura, della sua sovraresistenza, dell'incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazioni.

$$S_d(T) \rightarrow S_e(T)$$



$$\text{dove: } \eta = 1/q$$

(comunque: $S_d(T) \geq 0.2a_g$)

DM08 - Azione Sismica

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

❖ SPETTRI DI PROGETTO

STATI LIMITE ULTIMI

□ per le COMPONENTI ORIZZONTALI

$$0 \leq T < T_B \rightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{1}{q} \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{q}{F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \rightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{1}{q} \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \rightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{1}{q} \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \rightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{1}{q} \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

DM08 - Azione Sismica

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

❖ SPETTRI DI PROGETTO

q: fattore di struttura (dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità, e dai criteri di progettazione).

$$q = q_0 K_R$$

q₀: valore massimo del fattore di struttura funzione del livello di duttilità atteso, della tipologia strutturale e del rapporto α_u/α_1 ;

K_R: tiene conto della regolarità in altezza della struttura (0.8 - 1)

DM08 - Azione Sismica

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

❖ SPETTRI DI PROGETTO

q: fattore di struttura

q_0

Tabella 7.4.I – Valori di q_0

Tipologia	q_0	
	CD" B "	CD" A "
Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste	$3,0\alpha_w/\alpha_1$	$4,5\alpha_w/\alpha_1$
Strutture a pareti non accoppiate	3,0	$4,0\alpha_w/\alpha_1$
Strutture deformabili torsionalmente	2,0	3,0
Strutture a pendolo inverso	1,5	2,0

Le strutture a pareti estese debolmente armate devono essere progettate in CD "B". Strutture aventi i telai resistenti all'azione sismica composti, anche in una sola delle direzioni principali, con travi a spessore devono essere progettate in CD "B" a meno che tali travi non si possano considerare elementi strutturali "secondari".

Per strutture regolari in pianta, possono essere adottati i seguenti valori di α_w/α_1 .

DM08 - Azione Sismica

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

❖ SPETTRI DI PROGETTO

q: fattore di struttura

$$\alpha_u/\alpha_1$$

per le costruzioni regolari in pianta si possono adottare i seguenti valori:

- | | |
|--|---------------------------|
| a) Strutture a telaio o miste equivalenti a telai | |
| - strutture a telaio di un piano | $\alpha_u/\alpha_1 = 1,1$ |
| - strutture a telaio con più piani ed una sola campata | $\alpha_u/\alpha_1 = 1,2$ |
| - strutture a telaio con più piani e più campate | $\alpha_u/\alpha_1 = 1,3$ |
| b) Strutture a pareti o miste equivalenti a pareti | |
| - strutture con solo due pareti non accoppiate per direzione orizzontale | $\alpha_u/\alpha_1 = 1,0$ |
| - altre strutture a pareti non accoppiate | $\alpha_u/\alpha_1 = 1,1$ |
| - strutture a pareti accoppiate o miste equivalenti a pareti | $\alpha_u/\alpha_1 = 1,2$ |

DM08 - Azione Sismica

Esempio

Edificio con struttura intelaiata in c.a.

Suolo di tipo A

Azione sismica per lo SLV $\rightarrow P_{VR}=10\%$

♣ Fase 1.

Classe d'uso II $\rightarrow C_U=1.0$

Vita nominale: 50 anni

Periodo di riferimento dell'azione sismica $\rightarrow V_R=V_N C_U=50$

Periodo di ritorno dell'azione sismica $\rightarrow T_R = -\frac{V_R}{\ln(1-P_{VR})} = 475\text{anni}$

DM08 - Azione Sismica

Esempio

Dalla tabella:

$$a_g = 1.74 \text{ m/s}^2$$

$$F_0 = 2.45$$

$$T^*c = 0.29 \text{ s}$$

ID	LON	LAT	T _R =30			T _R =50			T _R =72			T _R =101			T _R =140			T _R =201			T _R =475			T _R =975			T _R =2475		
			a _g	F ₀	T _C	a _g	F ₀	T _C	a _g	F ₀	T _C	a _g	F ₀	T _C	a _g	F ₀	T _C	a _g	F ₀	T _C	a _g	F ₀	T _C	a _g	F ₀	T _C	a _g	F ₀	T _C
23422	13.56	43.03	0.556	2.45	0.27	0.702	2.43	0.29	0.821	2.44	0.30	0.953	2.42	0.31	1.094	2.42	0.32	1.256	2.42	0.33	1.756	2.44	0.34	2.260	2.43	0.35	3.001	2.53	0.35
23200	13.56	43.08	0.550	2.45	0.27	0.695	2.44	0.29	0.811	2.45	0.30	0.944	2.42	0.31	1.086	2.42	0.32	1.253	2.41	0.33	1.753	2.43	0.34	2.265	2.45	0.35	3.075	2.54	0.35
22970	13.56	43.13	0.542	2.45	0.27	0.686	2.44	0.29	0.800	2.45	0.30	0.934	2.43	0.31	1.075	2.42	0.32	1.253	2.42	0.33	1.753	2.43	0.34	2.265	2.45	0.35	3.076	2.54	0.35
22756	13.56	43.18	0.533	2.45	0.27	0.676	2.43	0.29	0.792	2.44	0.30	0.925	2.42	0.31	1.066	2.43	0.32	1.243	2.43	0.33	1.758	2.43	0.34	2.307	2.44	0.35	3.151	2.49	0.36
22534	13.56	43.23	0.525	2.43	0.27	0.666	2.42	0.29	0.783	2.43	0.30	0.920	2.42	0.31	1.059	2.45	0.31	1.234	2.46	0.33	1.768	2.47	0.33	2.351	2.45	0.34	3.277	2.45	0.35
22312	13.56	43.28	0.516	2.42	0.28	0.656	2.42	0.29	0.774	2.47	0.29	0.906	2.47	0.30	1.046	2.40	0.31	1.226	2.42	0.33	1.830	2.47	0.32	2.410	2.40	0.32	3.347	2.48	0.34
22090	13.56	43.33	0.505	2.40	0.28	0.643	2.47	0.29	0.763	2.53	0.29	0.904	2.50	0.29	1.093	2.39	0.31	1.278	2.47	0.33	1.833	2.47	0.31	2.410	2.49	0.32	3.425	2.43	0.33
21858	13.56	43.36	0.492	2.40	0.28	0.630	2.54	0.28	0.751	2.55	0.28	0.927	2.43	0.29	1.092	2.44	0.29	1.277	2.46	0.32	1.932	2.46	0.30	2.374	2.54	0.32	3.372	2.47	0.33
21646	13.56	43.43	0.477	2.40	0.28	0.614	2.56	0.28	0.733	2.51	0.28	0.931	2.41	0.29	1.083	2.47	0.29	1.272	2.47	0.32	1.925	2.48	0.30	2.368	2.52	0.31	3.334	2.49	0.32
21424	13.56	43.46	0.461	2.41	0.28	0.598	2.58	0.28	0.743	2.48	0.28	0.918	2.42	0.28	1.070	2.46	0.29	1.256	2.45	0.32	1.813	2.47	0.30	2.360	2.51	0.31	3.308	2.50	0.32
21202	13.56	43.53	0.443	2.43	0.28	0.583	2.57	0.28	0.726	2.49	0.28	0.907	2.43	0.28	1.047	2.45	0.28	1.246	2.45	0.32	1.791	2.46	0.30	2.341	2.50	0.31	3.277	2.50	0.32
20990	13.56	43.56	0.422	2.45	0.28	0.563	2.56	0.28	0.693	2.49	0.29	0.853	2.43	0.28	1.008	2.46	0.28	1.200	2.45	0.32	1.744	2.45	0.29	2.291	2.48	0.31	3.201	2.51	0.32
20758	13.56	43.63	0.358	2.49	0.28	0.537	2.54	0.28	0.645	2.53	0.29	0.805	2.44	0.28	0.947	2.46	0.29	1.122	2.45	0.32	1.545	2.45	0.30	2.172	2.48	0.31	3.045	2.51	0.32
20536	13.56	43.66	0.360	2.48	0.27	0.506	2.52	0.28	0.591	2.58	0.29	0.724	2.46	0.29	0.858	2.49	0.29	1.008	2.50	0.32	1.474	2.47	0.30	1.645	2.50	0.31	2.707	2.54	0.32
11878	13.56	45.63	0.291	2.53	0.21	0.362	2.56	0.23	0.417	2.60	0.25	0.477	2.65	0.27	0.538	2.67	0.28	0.609	2.66	0.33	0.810	2.71	0.36	1.646	2.64	0.39	1.393	2.70	0.41

DM08 - Azione Sismica

Esempio

Fase 2. spettro elastico

$$0 \leq T < T_B \rightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \rightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \rightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \rightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$


DM08 - Azione Sismica

Esempio

Fase 2. spettro elastico

$$T_c = C_c T^*c = 1.0 \times 0.29 = 0.29 \text{ s}$$

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

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

DM08 - Azione Sismica

Esempio

Fase 2. spettro elastico

$$T_B = T_C / 3 = 0.29 / 3 = 0.097 \text{ s}$$

$$T_D = 4.0 (a_g / g) + 1.6 = 2.31 \text{ s}$$

$$S = S_s \cdot S_t = 1.0$$

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

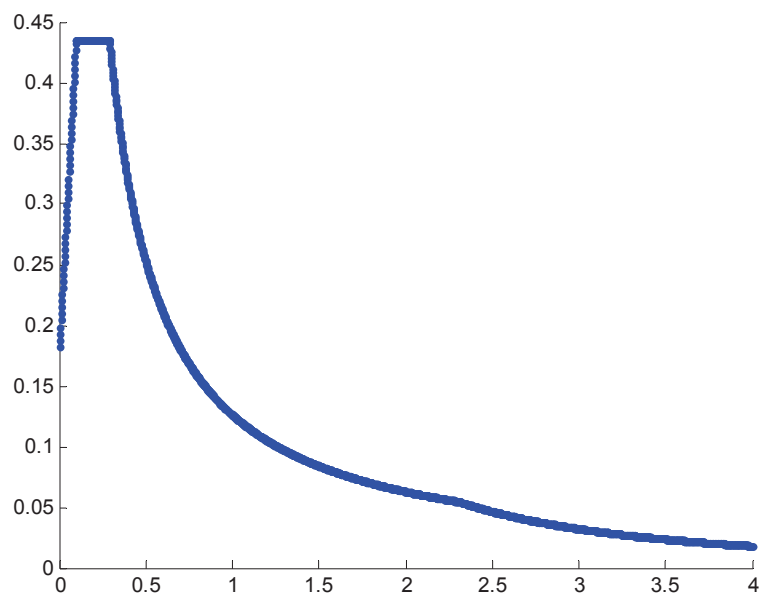
Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 \cdot \left(1 - \frac{a_g}{g}\right) \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25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

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

DM08 - Azione Sismica

Esempio



DM08 - Azione Sismica

Esempio

Fase 3. spettro di progetto

Fattore di struttura q :

Tabella 7.4.I – Valori di q_0

Tipologia	q_0	
	CD" B "	CD" A "
Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste	$3,0 \alpha_u / \alpha_1$	$4,5 \alpha_u / \alpha_1$
Strutture a pareti non accoppiate	3,0	$4,0 \alpha_u / \alpha_1$
Strutture deformabili torsionalmente	2,0	3,0
Strutture a pendolo inverso	1,5	2,0

$$q = 4.5 \alpha_u / \alpha_1 = 4.5 \cdot 1.3 = 5.85$$

a) Strutture a telaio o miste equivalenti a telai

- strutture a telaio di un piano
- strutture a telaio con più piani ed una sola campata
- strutture a telaio con più piani e più campate

b) Strutture a pareti o miste equivalenti a pareti

- strutture con solo due pareti non accoppiate per direzione orizzontale
- altre strutture a pareti non accoppiate
- strutture a pareti accoppiate o miste equivalenti a pareti

$\alpha_u / \alpha_1 = 1,1$

$\alpha_u / \alpha_1 = 1,2$

$\alpha_u / \alpha_1 = 1,3$

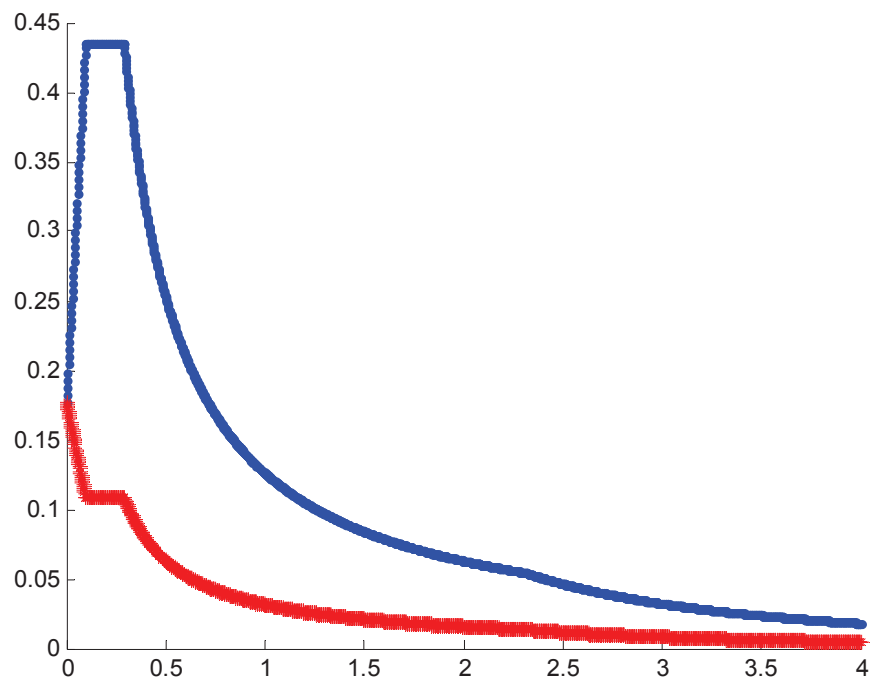
$\alpha_u / \alpha_1 = 1,0$

$\alpha_u / \alpha_1 = 1,1$

$\alpha_u / \alpha_1 = 1,2$

DM08 - Azione Sismica

Esempio



Parte 2