

SEZIONE RELATIVA ALLO SPETTRO DEL SITO DI RIFERIMENTO

AIDApp richiede in input in valori di a_g , F_0 e T_c^* necessari per la determinazione delle azioni sismiche del sito di riferimento (Figura 1):

a_g è l'accelerazione orizzontale massima al sito;

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

T_c^* è il valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri devono essere riportati in funzione dei periodi di riferimento T_R corrispondenti a 30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni e possono essere estratti dalla Tabella 1 ("Valori di a_g , F_0 e T_c^* per 10751 punti del *reticolo di riferimento*") degli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti.

Valori di Input		
a_g	F_0	T_c^*
30	30	30
50	50	50
72	72	72
101	101	101
140	140	140
201	201	201
475	475	475
975	975	975
2475	2475	2475

Figura 1: Valori di input di accelerazione a_g , fattore di amplificazione F_0 e periodo di riferimento T_c^* .

Per la definizione dello spettro di domanda del sito di riferimento, il progettista deve fornire in input ulteriori informazioni (Figura 2) relative a:

coefficiente di smorzamento: tale parametro è espresso in percentuale e corrisponde al coefficiente di smorzamento viscoso ξ valutato sulla base dei materiali, della tipologia strutturale e del terreno di fondazione. Viene solitamente assunto pari a 5% nel caso di strutture in calcestruzzo armato e 3% nel caso di strutture in acciaio;

vita nominale V_N : i valori minimi di V_N (espressi in anni) da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.4.I delle NTC 2018:

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONE		Valori minimi di V_N (in anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

classe d'uso cu : tale parametro può variare da I a IV e la suddivisione viene realizzata in riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, come riportato al §2.4.2 delle NTC 2018.

In particolare, le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto 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 Tab. 2.4.II). 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 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.

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

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE c_u	0.7	1	1.5	2

categoria topografica: è definita in accordo alla Tab. 3.2.III delle NTC 2018:

Tab. 3.2.III – 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 $i > 30^\circ$

categoria di sottosuolo: si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento, in accordo alla Tab. 3.2.II delle NTC 2018:

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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m

B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m</i>

Stato Limite di progetto: si tratta dello stato limite di riferimento per il quale il progettista sta realizzando il predimensionamento dell'intervento di adeguamento con controventi dissipativi.

Nei confronti delle azioni sismiche, sia gli Stati limite di esercizio (SLE) che gli Stati limite ultimi (SLU) 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 (SLE) comprendono:

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

Gli Stati limite ultimi (SLU) comprendono:

- **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_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella Tab. 3.2.I.

Tab. 3.2.I – Probabilità di superamento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato

Stati Limite	Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%

Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Coefficiente di smorzamento [%]	0	⬆️⬇️⬆️
Vita nominale [anni]	0	⬆️⬇️⬆️
Classe d'uso	I	⬇️⬆️
Categoria topografica	T1	⬇️⬆️
Categoria di sottosuolo	A	⬇️⬆️
Stato Limite di progetto	SLO	⬇️⬆️

Figura 2: Parametri aggiuntivi per la definizione dello spettro di riferimento

SEZIONE RELATIVA ALLA STRUTTURA CASO-STUDIO

L'applicazione della procedura di predimensionamento dell'intervento di adeguamento prevede che il progettista fornisca in input le ascisse (*X Pushover*) e le ordinate (*Y Pushover*) della curva di capacità della struttura (Figura 3). *X Pushover* corrisponde allo spostamento ed è espresso in [m], mentre *Y Pushover* corrisponde alla forza espressa in [kN].

X Pushover	Y Pushover
Inserire le coordinate X della pushover	Inserire le coordinate Y della pushover

Figura 3: Coordinate della curva di capacità della struttura caso-studio

A questo punto, il progettista deve fornire in input altri parametri associati alla struttura esistente

κ_s	0,00	Inserire la massa di ogni piano
Inserire i componenti del primo autovettore		
d_p [m]	0,0000000000	

Figura 4: Proprietà della struttura esistente

nello specifico:

κ_s è il coefficiente che tiene conto della capacità dissipativa della struttura esistente e può essere preso pari a 1.0 per strutture con ottime capacità dissipative, 0.66 per strutture con discrete capacità dissipative e 0.33 per strutture con scarse capacità dissipative.

massa di ogni piano: si tratta della massa, espressa in [ton], che include il peso dei solai e di tutti gli elementi strutturali a ciascun piano. Le masse devono essere inserite dal piano più basso all'ultimo piano, nell'ordine $m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$.

componenti del primo autovettore: l'inserimento deve avvenire seguendo l'ordine dei piani, dal piano più basso al all'ultimo piano, nell'ordine $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_n$.

Infine, il progettista deve selezionare lo spostamento obiettivo d_p , che è lo spostamento target all'ultimo piano dell'edificio dotato di controventi dissipativi nel caso in cui si verifichi il terremoto di progetto:

d_p è un valore espresso in [m] e può essere scelto arbitrariamente dal progettista oppure può essere calcolato applicando la formula

$$d_p = \min \frac{\Delta_d h_i}{\delta_i} \quad (1)$$

in cui Δ_d rappresenta il valore obiettivo del rapporto di scorrimento di interpiano, selezionato in funzione della prestazione della struttura per ciascuno degli stati limite richiesti; h_i è l'altezza dell' i -esimo interpiano; $\delta_i = (\phi_i - \phi_{i-1})$ è la differenza tra le componenti del primo autovettore relative a due piani consecutivi. Indicativamente, quando lo scopo dell'intervento con controventi dissipativi è quello di mantenere la struttura in campo elastico, si consiglia di definire il valore obiettivo del rapporto di scorrimento di interpiano Δ_d in modo da soddisfare i requisiti per le verifiche di rigidezza introdotti dalla normativa per le strutture di nuova costruzione (NTC 2018, §7.3.6.1). Viceversa, quando si intende permettere la formazione controllata di cerniere plastiche nella struttura adeguata, il valore obiettivo di Δ_d sarà definito sulla base dei tassi di lavoro dei materiali con riferimento alla duttilità disponibile a livello locale e globale. Nel caso di edifici con altezza di interpiano costante $h_i = h_0$, l'equazione (1) si semplifica nella forma

$$d_p = \frac{\Delta_d h_0}{\max \delta_i} \quad (2)$$

SEZIONE RELATIVA AL SISTEMA DI PROTEZIONE SISMICA (CONTROVENTO + DAMPER)

Il predimensionamento del sistema di controventi dissipativi viene condotto impiegando un controvento dissipativo equivalente caratterizzato da un comportamento elastico-perfettamente plastico in cui

μ_{DB}	0,00	↑ ↓
κ_{DB}	0,00	↑ ↓

Figura 5: Proprietà del controvento dissipativo equivalente

μ_{DB} è il coefficiente di duttilità del sistema equivalente composto da controvento in acciaio di rigidezza K_B e dispositivo di dissipazione isteretico caratterizzato da una certa rigidezza K_D e da un certo coefficiente di duttilità μ_D , come mostrato in Figura 6. K_{DB} , μ_{DB} e ξ_{DB} sono rispettivamente (i) la rigidezza, (ii) il coefficiente di duttilità, e (iii) il coefficiente di smorzamento viscoso equivalente del sistema equivalente controvento (B = brace) + dispositivo (D = damper), caratterizzato da un comportamento elastico-perfettamente plastico, come mostrato in Figura 7.

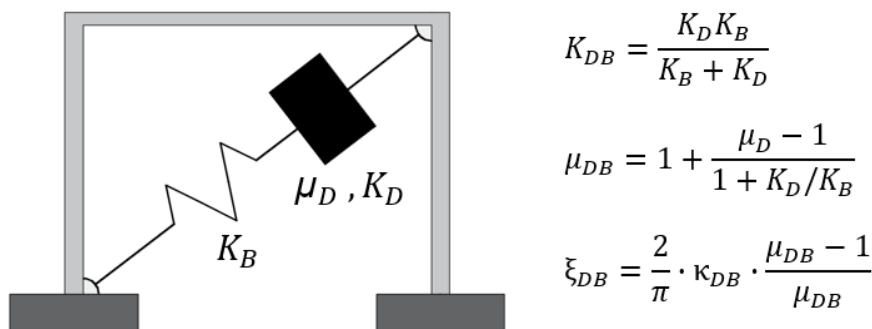


Figura 6: Sistema equivalente composto da controvento in acciaio in serie ad un dispositivo isteretico

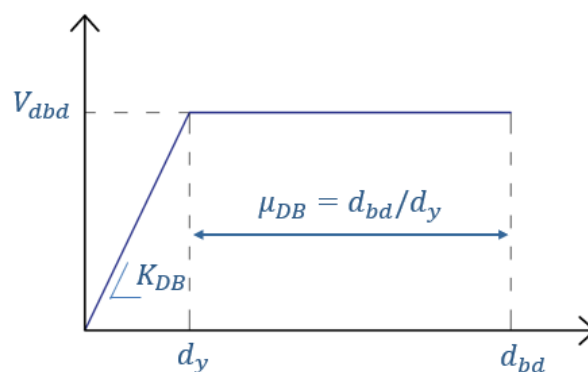


Figura 7: Comportamento elastico-perfettamente plastico del sistema equivalente controvento + dispositivo isteretico

In Tabella 1 sono riportati i valori di μ_{DB} e ξ_{DB} al variare del rapporto K_B/K_D nel range di duttilità μ_D 4 ÷ 16, che è il range tipico di valori per dissipatori isteretici.

$\frac{K_B}{K_D} = 2$			$\frac{K_B}{K_D} = 3$		$\frac{K_B}{K_D} = 4$		$\frac{K_B}{K_D} = 5$	
μ_D	μ_{DB}	ξ_{DB}	μ_{DB}	ξ_{DB}	μ_{DB}	ξ_{DB}	μ_{DB}	ξ_{DB}

	(—)	(%)	(—)	(%)	(—)	(%)	(—)	(%)
4	3,0	42,4	3,3	44,1	3,4	44,9	3,5	45,5
6	4,3	49,0	4,8	50,3	5,0	50,9	5,2	51,3
8	5,7	52,4	6,3	53,5	6,6	54,0	6,8	54,3
10	7,0	54,6	7,8	55,4	8,2	55,9	8,5	56,2
12	8,3	56,0	9,3	56,8	9,8	57,2	10,2	57,4
14	9,7	57,1	10,8	57,7	11,4	58,1	11,8	58,3
16	11,0	57,9	12,3	58,5	13,0	58,8	13,5	58,9

Tabella 1: Valori di μ_{DB} e ξ_{DB} al variare del rapporto K_B/K_D

κ_{DB} è il coefficiente che tiene conto della capacità dissipativa del controvento dissipativo in funzione della forma effettiva del ciclo isteretico, e può essere selezionato sulla base dell'esperienza o di prove sperimentali condotte sul dispositivo in esame.

OUTPUT DI AIDApp

AIDApp fornisce in output i valori di forza $V_{DB,i}$ (in kN) e rigidezza $K_{DB,i}$ (in kN/m) che il sistema di controventi dissipativi deve fornire a ciascun piano (Figura 8). La scelta del numero di dispositivi da installare ad ogni piano, così come la loro posizione, rimane una scelta del progettista, nel rispetto dei vincoli architettonici e strutturali della struttura in esame. I valori $N_{DB,i,s}$ e $K_{DB,i,s}$ associati al singolo controvento di piano devono essere calcolati dal progettista in relazione al numero di controventi dissipativi che intende introdurre e alla configurazione che si intende adottare (Figura 8).

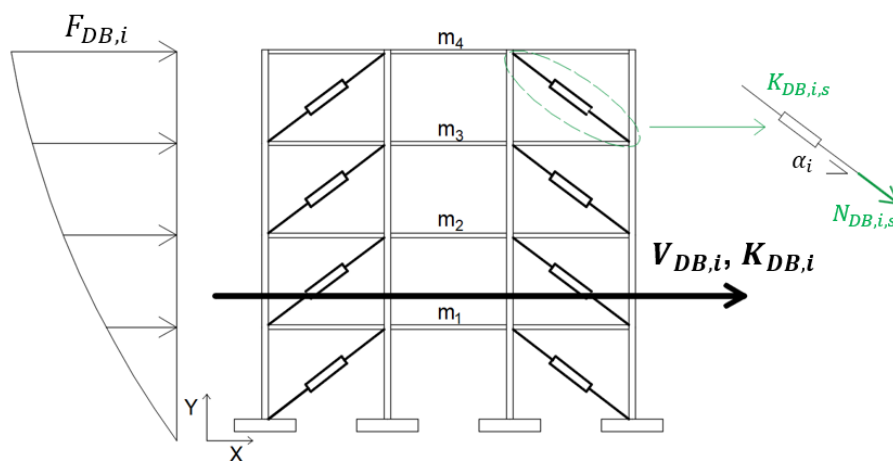


Figura 8: Distribuzione delle proprietà dei controventi dissipativi ad ogni piano