



COMUNE DI UTA

PIANO STRAORDINARIO DI EDILIZIA SCOLASTICA ISCOL@ INTERVENTO IN ASSE I:
SCUOLE DEL NUOVO MILLENNIO CREAZIONE NUOVO POLO SCOLASTICO NEL
COMUNE DI UTA



II SINDACO
Giacomo Porcu

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
Ing. Marcello Figus

Rossiprodi Associati srl (Mandataria RTP) (progetto architettonico, coordinamento) via Marconi 29, 50131 Firenze -Tel: 055583759 Fax 0557349005 pec: rossiprodi@pec.it firmato digitalmente	COLUCCI & PARTNERSStudio Associato (Mandante RTP) (progetto architettonico) Piazzetta del Gelso 4, 56025 Pontedera (PI) firmato digitalmente
TELLUS ENGINEERING srl (Mandante RTP) (progetto strutture, rilievi e indagini preliminari) via Genova 6, 09125 Cagliari firmato digitalmente	OMEGA ENGINEERING INGEGNERI ASSOCIATI (Mandante RTP) (progetto impianti, progetto antincendio) via G. Ravizza 22/b, 56121 Pisa firmato digitalmente
GEOPROGETTI Studio Associato (Mandante RTP) (aspetti geologici) via Venezia 77, 56038 Ponsacco (PI) firmato digitalmente	Arch. ANDREA GUIDI (Mandante RTP) (giovane professionista) Località Molino Giusti 5, 55040 Stazzema (LU) firmato digitalmente
Ing. Daniele Mariotti - Rossiprodi Associati srl (coordinamento della sicurezza in fase di progettazione) via Marconi 29, 50131 Firenze -Tel: 055583759 danielemariotti@rossiprodi.it firmato digitalmente	Ing. Iunior Alessandra Taccori (acustica) Via San Gemiliano 77, 09028 Sestu (CA) Tel: 340 9870215 alessandra.taccori@tiscali.it alessandra.taccori@ingpec.eu firmato digitalmente

PROGETTO ESECUTIVO

ELABORATI GENERALI					
Relazione tecnica di calcolo delle strutture e sismica				SCALA:	
					PE ST ET 01 01
AGG.:	DATA:	DESCRIZIONE:	AGG.:	DATA:	DESCRIZIONE:
0	03/2021	EMISSIONE			
1	05/2021	VALIDAZIONE			



**COMUNE DI UTA - PIANO STRAORDINARIO DI EDILIZIA SCOLASTICA ISCOL@ INTERVENTO
IN ASSE I: SCUOLE DEL NUOVO MILLENNIO CREAZIONE NUOVO POLO SCOLASTICO NEL COMUNE
DI UTA**

1	DESCRIZIONE DEL PROGETTO STRUTTURALE	2
1.1	DOCUMENTI NORMATIVI DI RIFERIMENTO	3
1.2	Materiali impiegati	3
1.3	azioni agenti SULLA COSTRUZIONE	7
1.3.1	Azioni permanenti	7
1.3.2	Azioni accidentali	9
1.3.3	Azione del vento	11
1.3.4	Azione della neve	12
1.3.5	Azione sismica	13
1.3.6	Spettri D.M. 17-01-18	15
1.3.7	Calcolo del copriferro	22
1.4	Caratteristiche dei materiali	24
1.5	Condizioni elementari di carico	26
1.6	Combinazioni di carico	27
2	Tipologia analisi sismica	27



**COMUNE DI UTA - PIANO STRAORDINARIO DI EDILIZIA SCOLASTICA ISCOL@ INTERVENTO
IN ASSE I: SCUOLE DEL NUOVO MILLENNIO CREAZIONE NUOVO POLO SCOLASTICO NEL COMUNE
DI UTA**

1 DESCRIZIONE DEL PROGETTO STRUTTURALE

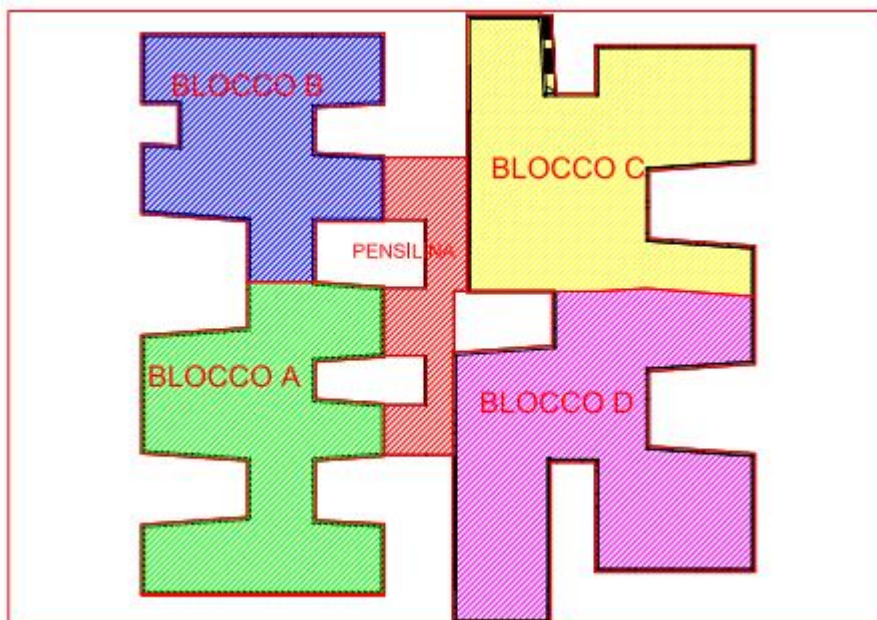
Il progetto riguarda la costruzione di due edifici scolastici e di una pensilina in legno ubicata fra i due. La struttura degli edifici è stata progettata con un telaio formato da travi e pilastri in cemento armato ordinario, mentre per i solai, considerate le luci, si è pensato di realizzarli con strutture prefabbricate, ovvero con lastre predalles, per luci fino ai 7,5 m e con pannelli alveolari in c.a.p. per le luci maggiori.

I due edifici scolastici constano di due piani fuori terra: piano terra e piano primo. La copertura è piana, realizzata per lo più con tetti “giardino”, nei restanti spazi è occupata da pannelli fotovoltaici e da alcuni macchinari dell’impianto di climatizzazione.

La copertura della palestra invece è inclinata, ed è costituita da travi in legno lamellare e arcarecci del tipo GL24h.

Le fondazioni sono del tipo a trave rovescia. Per i vani ascensore è stata prevista invece una fondazione a piastra.

Considerate le dimensioni degli edifici in c.a. si è deciso di suddividere entrambi in due blocchi, pertanto la scuola primaria è composta dai blocchi denominati d’ora in poi “A” e “B”, mentre la scuola secondaria dai blocchi “C” e “D”.



2

Tutte le strutture in c.a. possono essere definite a telaio con irrigidimenti, costituiti dalle pareti in cemento armato del vano scala e ascensore che fungono da pareti di taglio.

Considerata la destinazione d'uso, la classe di riferimento per il calcolo della vita utile della struttura è la classe III, pertanto gli spettri di risposta saranno calcolati facendo riferimento a questa classe. La struttura è stata verificata facendo riferimento alle azioni richieste dalla normativa vigente.



**COMUNE DI UTA - PIANO STRAORDINARIO DI EDILIZIA SCOLASTICA ISCOL@ INTERVENTO
IN ASSE I: SCUOLE DEL NUOVO MILLENNIO CREAZIONE NUOVO POLO SCOLASTICO NEL COMUNE
DI UTA**

1.1 DOCUMENTI NORMATIVI DI RIFERIMENTO

Le fasi di analisi e verifica della struttura sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative, per quanto applicabili in relazione al criterio di calcolo adottato dal progettista, evidenziato nel prosieguo della presente relazione:

Legge 5 novembre 1971 n. 1086 (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321)

“Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.

Legge 2 febbraio 1974 n. 64 (G. U. 21 marzo 1974 n. 76)

“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.

Indicazioni progettive per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica - Roma 1981.

D. M. Infrastrutture Trasporti 17/01/2018 (G.U. 20/02/2018 n. 42 - Suppl. Ord. n. 8)

“Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni”.

Circolare Ministeriale n.7/2019, Gazzetta Ufficiale n. 35/2019 –11 febbraio 2019-Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

3

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nella:

Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (G.U. 26 febbraio 2009 n. 27 – Suppl. Ord.)

“Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 14 gennaio 2008”.

1.2 MATERIALI IMPIEGATI

Tutti i materiali strutturali impiegati dovranno essere muniti di marcatura "CE", ed essere conformi alle prescrizioni del "REGOLAMENTO (UE) N. 305/2011 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 9 marzo 2011", in merito ai prodotti da costruzione.

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali:

MATERIALI CALCESTRUZZO ARMATO

Caratteristiche calcestruzzo armato															
N _{id}	γ _k	α _{T, i}	E	G	C _{Erid}	Stz	R _{ck}	R _{cm}	%R _{ck}	γ _c	f _{cd}	f _{ctd}	f _{ctm}	N	n Ac
	[N/m³]	[1/°C]	[N/mm²]	[N/mm²]	[%]		[N/mm²]	[N/mm²]			[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]		
Cls C28/35 B450C - (C28/35)															



**COMUNE DI UTA - PIANO STRAORDINARIO DI EDILIZIA SCOLASTICA ISCOL@ INTERVENTO
IN ASSE I: SCUOLE DEL NUOVO MILLENNIO CREAZIONE NUOVO POLO SCOLASTICO NEL COMUNE
DI UTA**

Caratteristiche calcestruzzo armato														
N _{id}	γ _k	α _{T, i}	E	G	C _{Erid}	Stz	R _{ck}	R _{cm}	%R _{ck}	γ _c	f _{cd}	f _{ctd}	f _{cfm}	N n Ac
	[N/m ³]	[1/°C]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[%]		[N/mm ²]	[N/mm ²]			[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	
001	25.000	0,00001 0	32.588	13.57 8	60	P	35,00	-	0,85	1,50	16,46	1,32	3,40	15 002

LEGENDA:

- N_{id}** Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.
γ_k Peso specifico.
α_{T, i} Coefficiente di dilatazione termica.
E Modulo elastico normale.
G Modulo elastico tangenziale.
C_{Erid} Coefficiente di riduzione del Modulo elastico normale per Analisi Sismica [$E_{sisma} = E \cdot C_{Erid}$].
Stz Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).
R_{ck} Resistenza caratteristica cubica.
R_{cm} Resistenza media cubica.
%R_{ck} Percentuale di riduzione della R_{ck}
γ_c Coefficiente parziale di sicurezza del materiale.
f_{cd} Resistenza di calcolo a compressione.
f_{ctd} Resistenza di calcolo a trazione.
f_{cfm} Resistenza media a trazione per flessione.
n Ac Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.

MATERIALI ACCIAIO

4

Caratteristiche acciaio																
N _{id}	γ _k	α _{T, i}	E	G	Stz	f _{yk,1} / f _{yk,2}	f _{tk,1} / f _{tk,2}	f _{yd,1} / f _{yd,2}	f _{td}	γ _s	γ _{M1}	γ _{M2}	γ _{M3,SLV}	γ _{M3,SLE}	γ _{M7} NCn t	Cnt
	[N/m ³]	[1/°C]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]							
Acciaio B450C - (B450C)																
002	78.500	0,00001 0	210.0 00	80.76 9	P	450,0 0	-	391,30	-	1,15	-	-	-	-	-	-
						-		-								

LEGENDA:

- N_{id}** Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.
γ_k Peso specifico.
α_{T, i} Coefficiente di dilatazione termica.
E Modulo elastico normale.
G Modulo elastico tangenziale.
Stz Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).
f_{tk,1} Resistenza caratteristica a Rottura (per profili con t ≤ 40 mm).
f_{tk,2} Resistenza caratteristica a Rottura (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).
f_{td} Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).
γ_s Coefficiente parziale di sicurezza allo SLV del materiale.
γ_{M1} Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità.
γ_{M2} Coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite.
γ_{M3,SLV} Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLV (Bulloni).
γ_{M3,SLE} Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLE (Bulloni).
γ_{M7} Coefficiente parziale di sicurezza precarico di bulloni ad alta resistenza (Bulloni - NCn = con serraggio NON controllato; Cnt = con serraggio controllato). [-] = parametro NON significativo per il materiale.
f_{yk,1} Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con t ≤ 40 mm).
f_{yk,2} Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).



**COMUNE DI UTA - PIANO STRAORDINARIO DI EDILIZIA SCOLASTICA ISCOL@ INTERVENTO
IN ASSE I: SCUOLE DEL NUOVO MILLENNIO CREAZIONE NUOVO POLO SCOLASTICO NEL COMUNE
DI UTA**

Caratteristiche acciaio

N_{id}	γ_k	$\alpha_{T, i}$	E	G	Stz	$f_{yk,1}/f_{yk,2}$	$f_{tk,1}/f_{tk,2}$	$f_{yd,1}/f_{yd,2}$	f_{td}	γ_s	γ_{M1}	γ_{M2}	$\gamma_{M3,SLV}$	$\gamma_{M3,SLE}$	γ_{M7}	$N_{Cn t}$	C_{nt}
	[N/m ³]	[1/°C]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]								

f_{yd,1} Resistenza di calcolo (per profili con $t \leq 40$ mm).

f_{yd,2} Resistenza di calcolo (per profili con $40 \text{ mm} < t \leq 80$ mm).

NOTE [-] = Parametro non significativo per il materiale.

TENSIONI AMMISSIBILI ALLO SLE DEI VARI MATERIALI

Tensioni ammissibili allo SLE dei vari materiali			
Materiale	SL	Tensione di verifica	$\sigma_{d,amm}$ [N/mm ²]
Cls C28/35_B450C	Caratteristica(RARA)	Compressione Calcestruzzo	17,43
	Quasi permanente	Compressione Calcestruzzo	13,07
Acciaio B450C	Caratteristica(RARA)	Trazione Acciaio	360,00

LEGENDA:

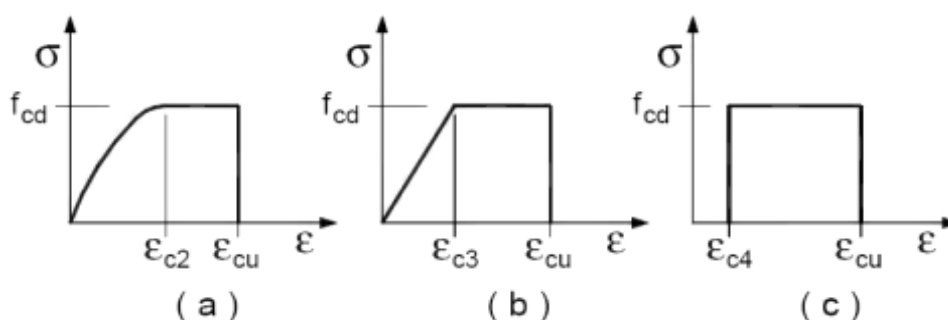
SL Stato limite di esercizio per cui si esegue la verifica.

$\sigma_{d,amm}$ Tensione ammissibile per la verifica.

Tutti i materiali impiegati dovranno essere comunque verificati durante l'esecuzione delle opere, con opportune prove di laboratorio secondo le prescrizioni della vigente Normativa.

5

I diagrammi costitutivi degli elementi in calcestruzzo sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al §4.1.2.1.2.1 del D.M. 2018; in particolare per le verifiche effettuate a pressoflessione retta e pressoflessione deviata sarà adottato il modello riportato in fig. (a).



Diagrammi di calcolo tensione/deformazione del calcestruzzo.

I valori di deformazione assunti sono:

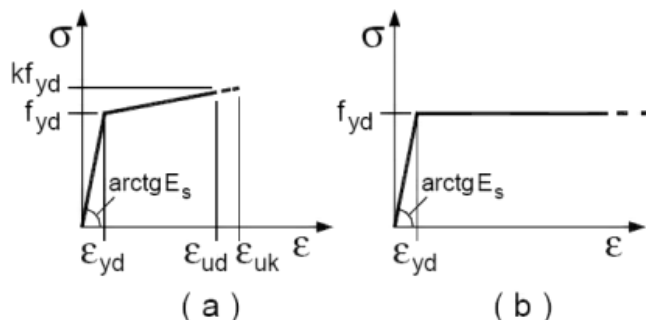
$$\epsilon_{c2} = 0,0020;$$

$$\epsilon_{cu2} = 0,0035.$$



**COMUNE DI UTA - PIANO STRAORDINARIO DI EDILIZIA SCOLASTICA ISCOL@ INTERVENTO
IN ASSE I: SCUOLE DEL NUOVO MILLENNIO CREAZIONE NUOVO POLO SCOLASTICO NEL COMUNE
DI UTA**

I diagrammi costitutivi dell'acciaio saranno stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al §4.1.2.1.2.2 del D.M. 2018; in particolare verrà adottato il modello elastico perfettamente plastico rappresentato in fig. (b). La resistenza di calcolo è data da f_{yk}/γ_f . Il coefficiente di sicurezza γ_f si assume pari a 1,15.



Materiale legno lamellare

Come materiale da costruzione per la copertura della palestra e per la realizzazione della pensilina esterna è stato scelto il legno lamellare, del tipo GL24h, di abete rosso. La classe di esposizione è la 1 per la copertura della palestra e la 3 per la pensilina in quanto trattasi di struttura esterna, esposta all'azione delle intemperie.

6

Descr.: descrizione o nome assegnato all'elemento.

E: modulo di elasticità longitudinale del materiale per edifici o materiali nuovi. [daN/cm²]

G: modulo di elasticità tangenziale del materiale, viene impiegato nella modellazione di aste e di elementi guscio a comportamento ortotropo. [daN/cm²]

Pois.: coefficiente di Poisson. Il valore è adimensionale.

Gam.: peso specifico del materiale. [daN/cm³]

α: coefficiente longitudinale di dilatazione termica. [°C⁻¹]

Lavorazione: tipo di lavorazione.

σ_{m,amm}: tensione ammissibile per flessione. [daN/cm²]

St_{0,a}: tensione ammissibile per trazione parallela alle fibre. [daN/cm²]

St_{90,a}: tensione ammissibile per trazione ortogonale alle fibre. [daN/cm²]

Sc_{0,a}: tensione ammissibile per compressione parallela alle fibre. [daN/cm²]



**COMUNE DI UTA - PIANO STRAORDINARIO DI EDILIZIA SCOLASTICA ISCOL@ INTERVENTO
IN ASSE I: SCUOLE DEL NUOVO MILLENNIO CREAZIONE NUOVO POLO SCOLASTICO NEL COMUNE
DI UTA**

Sc,90,a: tensione ammissibile per compressione ortogonale alle fibre. [daN/cm²]

Tau,a: τ ammissibile. [daN/cm²]

fm,k: resistenza caratteristica per flessione. [daN/cm²]

ft,0,k: resistenza caratteristica per trazione parallela alle fibre. [daN/cm²]

ft,90,k: resistenza caratteristica per trazione ortogonale alle fibre. [daN/cm²]

fc,0,k: resistenza caratteristica per compressione parallela alle fibre. [daN/cm²]

fc,90,k: resistenza caratteristica per compressione ortogonale alle fibre. [daN/cm²]

fv,k: resistenza caratteristica a taglio. [daN/cm²]

E0,05: modulo di elasticità parallelo alla fibratura 5-percentile. [daN/cm²]

G0,05: modulo di elasticità tangenziale parallelo alla fibratura 5-percentile. [daN/cm²]

Essenza: essenza, specie, di legno.

pk: massa volumica caratteristica 5-percentile. [daN/(cm/s²)/cm³]

pm: massa volumica media. [daN/(cm/s²)/cm³]

7

Des cr.	E	G	Pois.	Gam.	α	Lavorazione	$\sigma_{m,a}$ mm	St,0,a	St,90,a	Sc,0,a	Sc,90,a	Tau,a	fm,k	ft,0,k	ft,90,k	fc,0,k	fc,90,k	fv,k	E0,05	G0,05	Essenza	pk	pm
GL 24h EN 140 80	1.2E5	6500	0.25	4.2E-4	1.0E-5	Lamellare	185	148	4	185	19	27	240	192	5	240	25	35	9.6E4	5400		3.9E-7	3.9E-7

1.3 AZIONI AGENTI SULLA COSTRUZIONE

Per il calcolo delle diverse strutture sono stati considerati i carichi prescritti al cap.3 delle NTC 2018, diverse tipologie di carico.

Le azioni possono essere:

- Permanenti (G);
- Variabili (Q);
- Eccezionali (A);
- Sismiche (E).

1.3.1 Azioni permanenti

Le azioni permanenti sono rappresentate sostanzialmente da:



**COMUNE DI UTA - PIANO STRAORDINARIO DI EDILIZIA SCOLASTICA ISCOL@ INTERVENTO
IN ASSE I: SCUOLE DEL NUOVO MILLENNIO CREAZIONE NUOVO POLO SCOLASTICO NEL COMUNE
DI UTA**

- peso proprio elementi strutturali;
- peso dei carichi permanenti non strutturali.

Il peso proprio del solaio alveolare di altezza pari a 28 cm è pari a 360 kg/mq, mentre il solaio di altezza pari a 33 cm di 425 kg/mq.

I carichi permanenti non strutturali agenti sul solaio, sono dovuti alla pavimentazione e sottofondo, all'incidenza dei tramezzi in cartongesso e al contro soffitto inferiore e risultano pari

SOLAIO INTERPIANO	kg/mq
carichi permanenti portati	
massetto 4+6 cm	210
incidenza tramezzi	40
pavimentazione	20
controsoffitto-impianti	30
	300
SOLAIO COPERTURA-TERRAZZA	
carichi permanenti portati	
massetto 5+8 cm	273
manto impermeabile+pannello termoisolante+membrana EPDM	6
controsoffitto-impianti	30
pannelli fotovoltaici	15
	324
SOLAIO TETTO GIARDINO IN GHIAIA	
carichi permanenti portati	
ghiaia 10 cm	150
manto impermeabile+pannello termoisolante+membrana EPDM	20
controsoffitto-impianti	30
	200
SOLAIO TETTO GIARDINO CON PRATO NATURALE	
carichi permanenti portati	
terreno 10 cm	180
manto impermeabile+pannello termoisolante+membrana EPDM	24,5



**COMUNE DI UTA - PIANO STRAORDINARIO DI EDILIZIA SCOLASTICA ISCOL@ INTERVENTO
IN ASSE I: SCUOLE DEL NUOVO MILLENNIO CREAZIONE NUOVO POLO SCOLASTICO NEL COMUNE
DI UTA**

controsoffitto-impianti	30
	234,5
SOLAIO COPERTURA-TERRAZZA	
Peso proprio	360
carichi permanenti portati	
massetto 5+8 cm	273
manto impermeabile+pannello termoisolante+membrana EPDM	6
controsoffitto-impianti	30
	309

Pertanto sono stati adottati, cautelativamente, come carichi permanenti 3,0 kN/mq per i solai di interpiano e 3,5 kN/mq per i solai di copertura

Inoltre in copertura sono presenti anche i carichi dovuti alle macchine UTA e VRF. Per non avere carichi concentrati saranno usati opportuni accorgimenti per distribuire nella maggiore superficie possibile tutto il loro carico. Il carico delle suddette macchine è pari a circa 1700 Kg per le UTA e 350 Kg per i VRF.

9

1.3.2 Azioni accidentali

I sovraccarichi accidentali sono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera e sono dettati dalla tabella 3.1.11 delle NTC 2018 che di seguito si riporta:



**COMUNE DI UTA - PIANO STRAORDINARIO DI EDILIZIA SCOLASTICA ISCOL@ INTERVENTO
IN ASSE I: SCUOLE DEL NUOVO MILLENNIO CREAZIONE NUOVO POLO SCOLASTICO NEL COMUNE
DI UTA**

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale. Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi. (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00
B	Uffici. Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	2,00 3,00	2,00 2,00	1,00 1,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole Cat. C2 Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune	3,00 4,00 5,00	2,00 4,00 5,00	1,00 2,00 3,00
D	Ambienti ad uso commerciale. Cat. D1 Negozi Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini, librerie...	4,00 5,00	4,00 5,00	2,00 2,00
E	Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale. 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	Rimesse e parcheggi. 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	Coperture e sottotetti 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				

10

Come si evince dalla tabella la categoria in cui ricade gran parte della struttura è la C1, fatta eccezione per le parti dedicate alla biblioteca, che ricade in categoria E1 e per la quale è stato adottato un carico pari a 6,00 kN/mq in quanto l'utilizzo del cartaceo è ormai in disuso e non si reputa necessario utilizzare carichi superiori, per la palestra e l'auditorium, che ricadono in



COMUNE DI UTA - PIANO STRAORDINARIO DI EDILIZIA SCOLASTICA ISCOL@ INTERVENTO IN ASSE I: SCUOLE DEL NUOVO MILLENNIO CREAZIONE NUOVO POLO SCOLASTICO NEL COMUNE DI UTA

categoria C3 e per le scale e ballatoi per i quali è necessario applicare i carichi indicati per la categoria C2. La copertura invece, verrà considerata appartenente alla categoria H1, ovvero accessibile per sola manutenzione.

Le tamponature sono state modellate, pertanto il loro carico viene calcolato automaticamente dal programma senza la necessità di aggiungere dei carichi aggiuntivi.

1.3.3 Azione del vento

La definizione delle azioni dovute al vento è basata sulla valutazione della sua velocità nel sito della costruzione. Per altitudini inferiori a 1500 m s.l.m. la velocità di riferimento è data dalla relazione:

$$v_b = v_{b,0} \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

dove a_s è l'altitudine in metri sul livello del mare del sito dove sorge la costruzione, mentre i valori degli altri parametri sono forniti dalla Norma, come si può vedere dalla tabella 3.3.I delle NTC 2018 di seguito riportata

$$v_b = v_{b,0} + k \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s [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



11

La pressione del vento è data dalla relazione:

$$p = q_r c_e c_p c_d$$

Dove q_r è la pressione cinetica di riferimento:

$$q_r = \frac{1}{2} \rho v_r^2$$

in cui ρ è la densità dell'aria pari a 1,25 kg/m³ e v_r la velocità di riferimento, mentre c_e , c_p e c_d sono rispettivamente i coefficienti di esposizione, di forma e dinamico.

Il coefficiente di forma c_p , funzione della geometria della costruzione e del suo coefficiente di

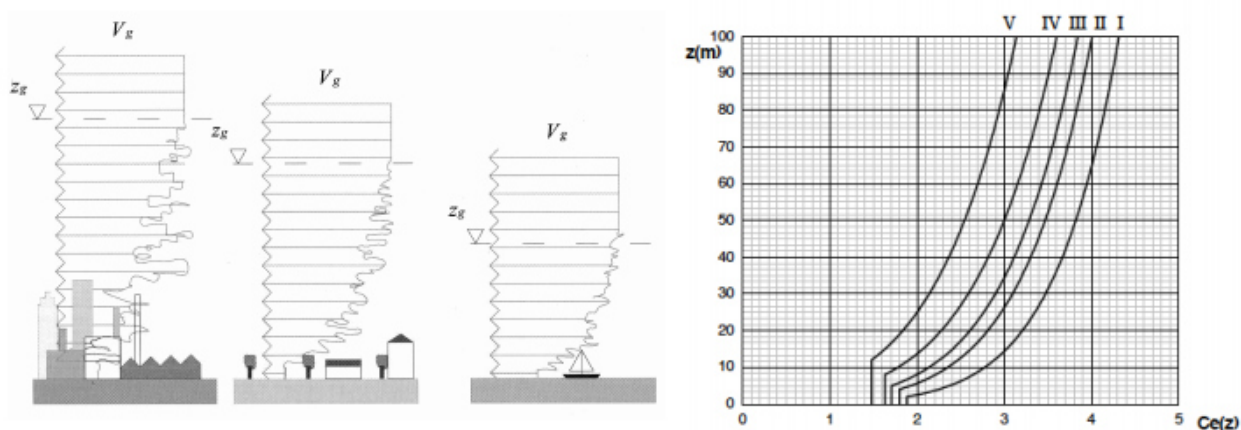


**COMUNE DI UTA - PIANO STRAORDINARIO DI EDILIZIA SCOLASTICA ISCOL@ INTERVENTO
IN ASSE I: SCUOLE DEL NUOVO MILLENNIO CREAZIONE NUOVO POLO SCOLASTICO NEL COMUNE
DI UTA**

resistenza aerodinamica c_x , può essere ricavato da prove sperimentali o da opportuna documentazione.

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. Può essere assunto pari a uno nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza e i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Il coefficiente di esposizione c_e dipende dall'altezza rispetto al suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. Infatti, come si nota dalle figure seguenti, la velocità del vento è influenzata in maniera complessa dalla scabrezza non uniforme del terreno.



Considerato che il sito ricade nella zona 5 della tabella 3.1.I, classe di rugosità B, dal quale discende che la categoria di esposizione del sito è la II, la pressione normale a quota zero e fino a 5 m dell'edificio è pari a 837 N/m², mentre a quota 7,50 è pari a 960 N/m², a quota 8,50 invece è pari a 998,41 N/m².

Il carico relativo al vento è stato applicato sulla tamponatura.

1.3.4 Azione della neve

Il carico da neve si considera agente verticalmente e si riferisce alla proiezione orizzontale della superficie della copertura. Il suo valore dipende dalla zona geografica, dall'altitudine del sito e dalle condizioni locali di clima e di esposizione.

Per la sua valutazione le Norme forniscono la relazione:

$$q_s = q_{sk} \cdot \mu_i \cdot C_E \cdot C_t$$

dove:

q_s = carico della neve sulla copertura [kN/m²]



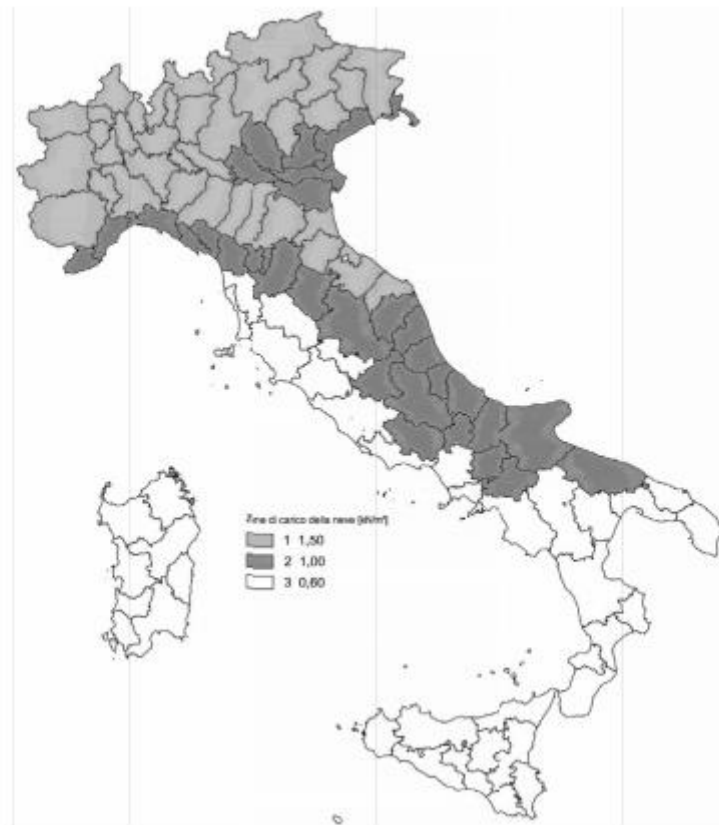
**COMUNE DI UTA - PIANO STRAORDINARIO DI EDILIZIA SCOLASTICA ISCOL@ INTERVENTO
IN ASSE I: SCUOLE DEL NUOVO MILLENNIO CREAZIONE NUOVO POLO SCOLASTICO NEL COMUNE
DI UTA**

q_{sk} = valore di riferimento al suolo [kN/m²]

μ_i = coefficiente di forma della copertura

C_E = coefficiente di esposizione

C_t = coefficiente termico



13

Considerando pertanto

$q_{sk} = 0.6$ [kN/m²]

$\mu_i = 0.8$

$C_E = 0.9$

$C_t = 1$

Il carico della neve sulla copertura risulta pari a 432 N/m².

1.3.5 Azione sismica

Il calcolo dell'azione sismica è stato effettuato secondo le indicazioni del punto 3.2.3 delle NTC 2018.



**COMUNE DI UTA - PIANO STRAORDINARIO DI EDILIZIA SCOLASTICA ISCOL@ INTERVENTO
IN ASSE I: SCUOLE DEL NUOVO MILLENNIO CREAZIONE NUOVO POLO SCOLASTICO NEL COMUNE
DI UTA**

In particolare il procedimento per la definizione degli spettri di progetto per i vari Stati Limite per cui saranno effettuate le verifiche è stato il seguente:

- definizione della Vita Nominale e della Classe d'Uso della struttura, il cui uso combinato ha portato alla definizione del Periodo di Riferimento dell'azione sismica.
- Individuazione, tramite latitudine e longitudine, dei parametri sismici di base a_g , F_0 e T_c^* per tutti e quattro gli Stati Limite previsti (SLO, SLD, SLV e SLC); l'individuazione è stata effettuata interpolando tra i 4 punti più vicini al punto di riferimento dell'edificio.
- Determinazione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica.
- Calcolo del periodo T_c corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello Spettro.

I dati così calcolati saranno utilizzati per determinare gli Spettri di Progetto nelle verifiche agli Stati Limite considerate.

Si riportano di seguito le coordinate geografiche del sito rispetto al Datum **ED50**:

14

Latitudine	Longitudine	Altitudine
[°]	[°]	[m]
39.289167	8.960278	6

L'edificio è stato progettato per una **Vita Nominale** pari a **50** e per **Classe d'Uso III**

In base alle indagini geognostiche effettuate, il suolo di fondazione è stato classificato di categoria B.

Per la definizione degli spettri di risposta, oltre all'accelerazione (a_g) al suolo (dipendente dalla classificazione sismica del Comune) occorre determinare il Fattore di Comportamento (q).

Il Fattore di comportamento q è un fattore riduttivo delle forze elastiche introdotto per tenere conto delle capacità dissipative della struttura che dipende dal sistema costruttivo adottato, dalla Classe di Duttività e dalla regolarità in altezza.

Si deve tener in conto anche il **Coefficiente di Amplificazione Topografica** (S_T), che in questo caso risulta pari a **1.00**.

Per la struttura in esame andranno determinati i seguenti valori:



**COMUNE DI UTA - PIANO STRAORDINARIO DI EDILIZIA SCOLASTICA ISCOL@ INTERVENTO
IN ASSE I: SCUOLE DEL NUOVO MILLENNIO CREAZIONE NUOVO POLO SCOLASTICO NEL COMUNE
DI UTA**

Stato Limite di Danno

Fattore di Comportamento (q_x) per sisma orizzontale in direzione X:	1.00;
Fattore di Comportamento (q_y) per sisma orizzontale in direzione Y:	1.00;
Fattore di Comportamento (q_z) per sisma verticale:	1.00 (se richiesto).

Stato Limite di salvaguardia della Vita

Si è scelto, considerato il rischio sismico della località in cui andrà a sorgere l'edificio, di non progettare la struttura non dissipativa, pertanto il fattore di struttura assegnato è il seguente:

Fattore di Comportamento (q_x) per sisma orizzontale in direzione X:	1.500;
Fattore di Comportamento (q_y) per sisma orizzontale in direzione Y:	1.500;
Fattore di Comportamento (q_z) per sisma verticale:	1.00 (se richiesto).

15

1.3.6 Spettri D.M. 17-01-18

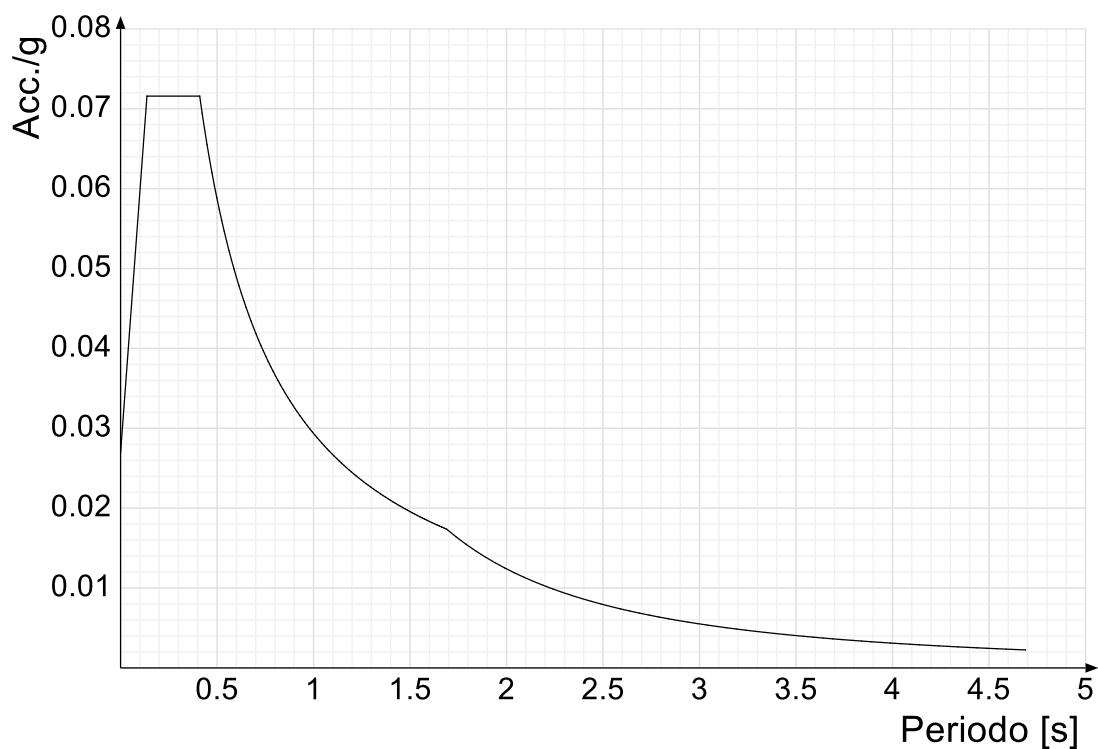
Acc./g: Accelerazione spettrale normalizzata ottenuta dividendo l'accelerazione spettrale per l'accelerazione di gravità.

Periodo: Periodo di vibrazione.



**COMUNE DI UTA - PIANO STRAORDINARIO DI EDILIZIA SCOLASTICA ISCOL@ INTERVENTO
IN ASSE I: SCUOLE DEL NUOVO MILLENNIO CREAZIONE NUOVO POLO SCOLASTICO NEL COMUNE
DI UTA**

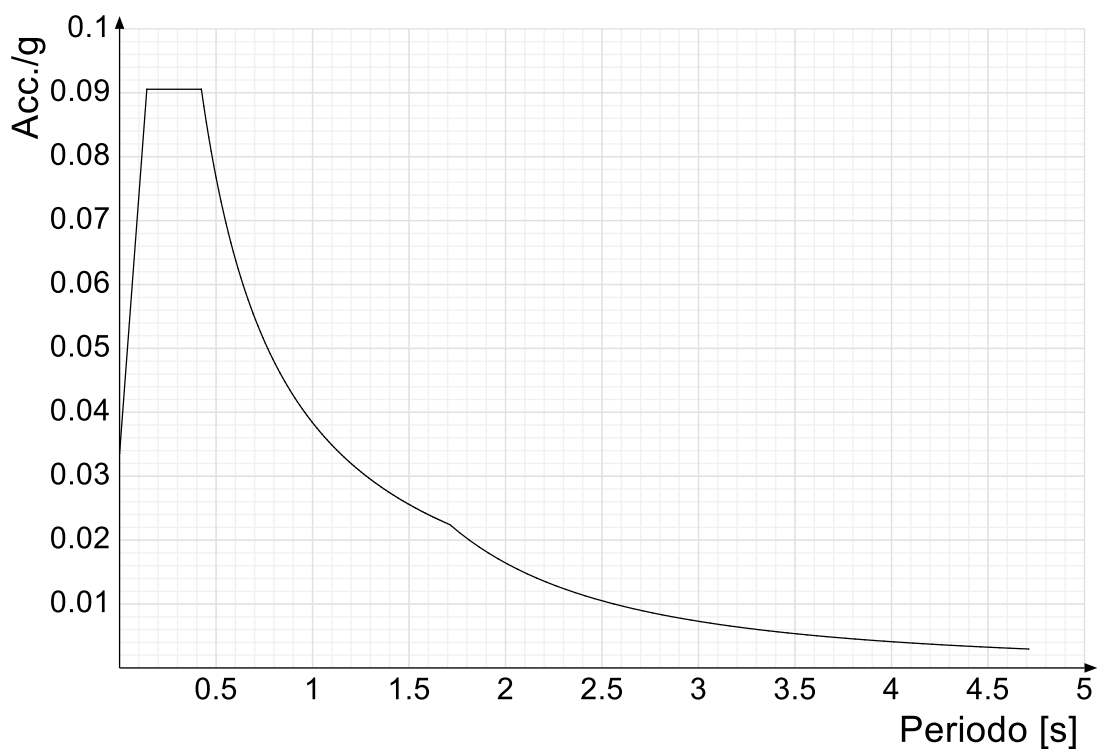
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali SLO § 3.2.3.2.1 [3.2.2]





**COMUNE DI UTA - PIANO STRAORDINARIO DI EDILIZIA SCOLASTICA ISCOL@ INTERVENTO
IN ASSE I: SCUOLE DEL NUOVO MILLENNIO CREAZIONE NUOVO POLO SCOLASTICO NEL COMUNE
DI UTA**

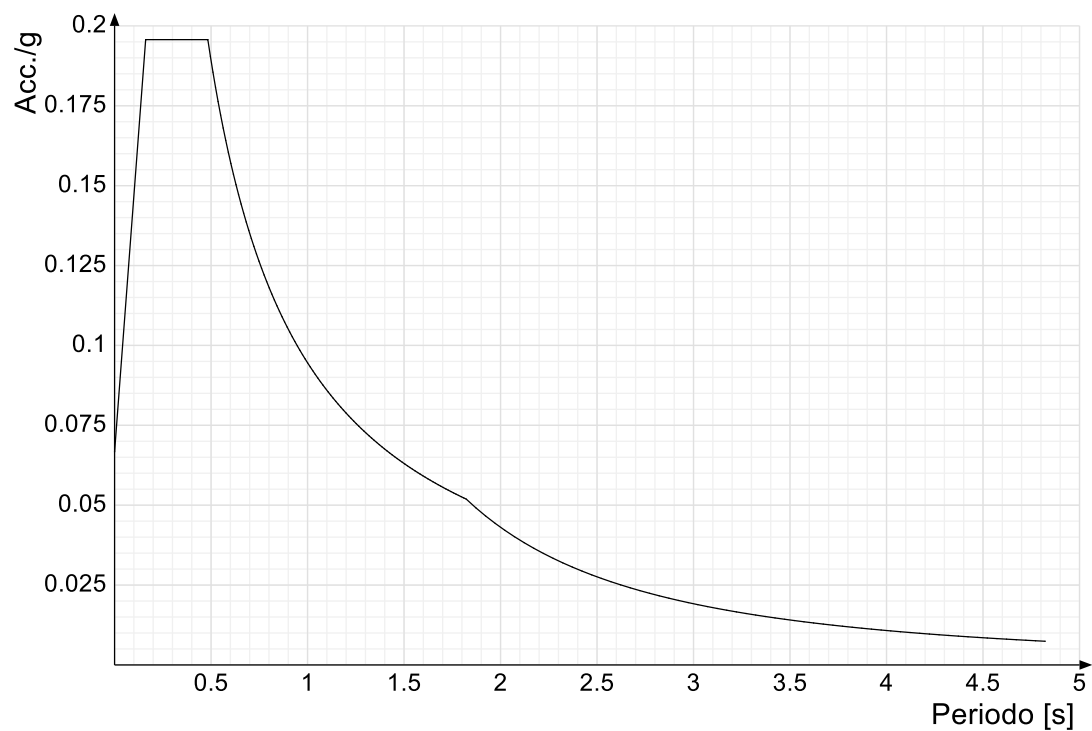
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali SLD § 3.2.3.2.1 [3.2.2]





**COMUNE DI UTA - PIANO STRAORDINARIO DI EDILIZIA SCOLASTICA ISCOL@ INTERVENTO
IN ASSE I: SCUOLE DEL NUOVO MILLENNIO CREAZIONE NUOVO POLO SCOLASTICO NEL COMUNE
DI UTA**

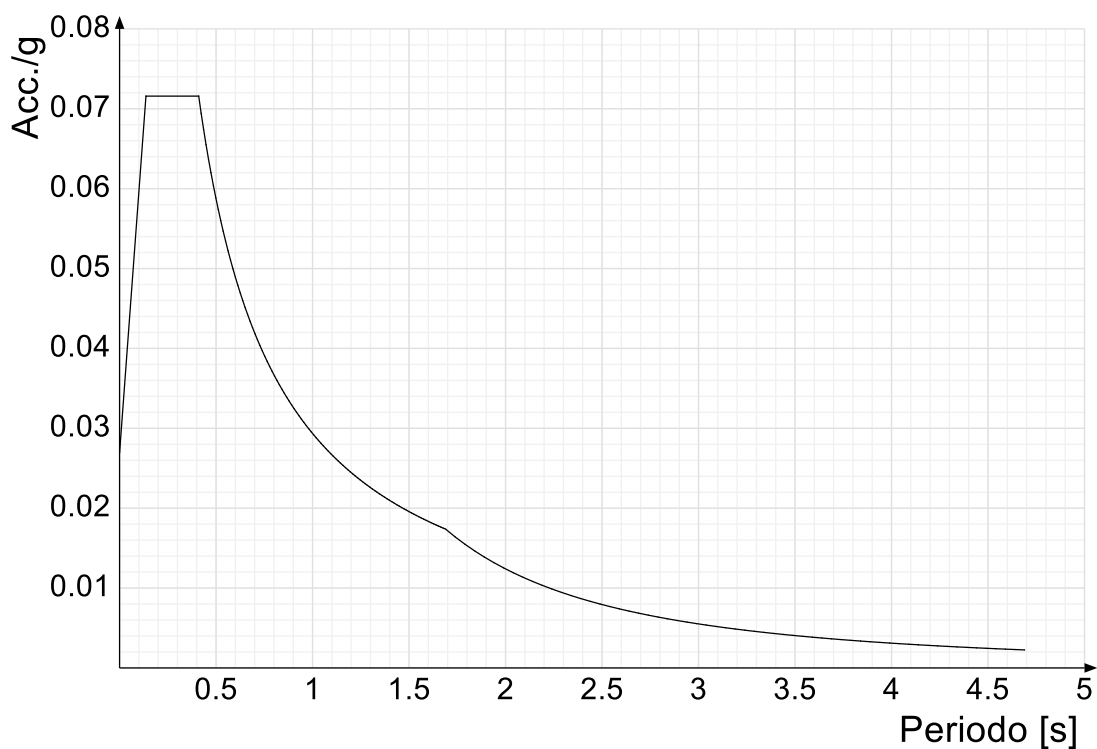
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali SLV § 3.2.3.2.1 [3.2.2]





**COMUNE DI UTA - PIANO STRAORDINARIO DI EDILIZIA SCOLASTICA ISCOL@ INTERVENTO
IN ASSE I: SCUOLE DEL NUOVO MILLENNIO CREAZIONE NUOVO POLO SCOLASTICO NEL COMUNE
DI UTA**

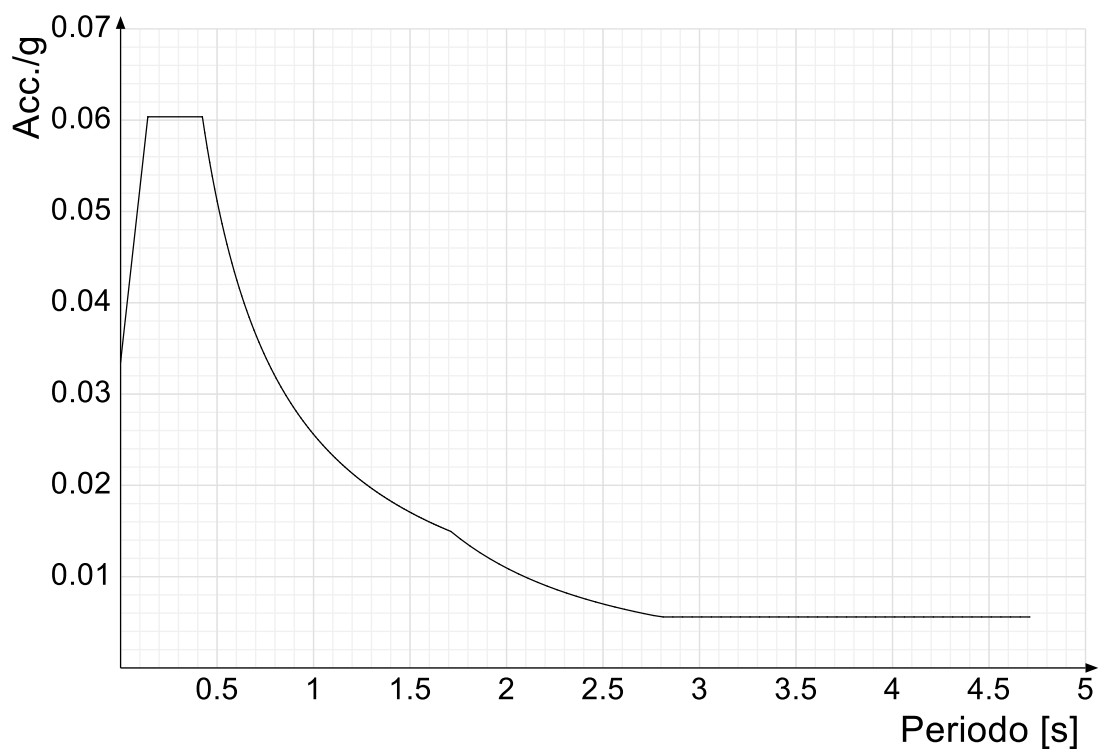
Spettro di risposta di progetto in accelerazione delle componenti orizzontali SLO § 3.2.3.4





**COMUNE DI UTA - PIANO STRAORDINARIO DI EDILIZIA SCOLASTICA ISCOL@ INTERVENTO
IN ASSE I: SCUOLE DEL NUOVO MILLENNIO CREAZIONE NUOVO POLO SCOLASTICO NEL COMUNE
DI UTA**

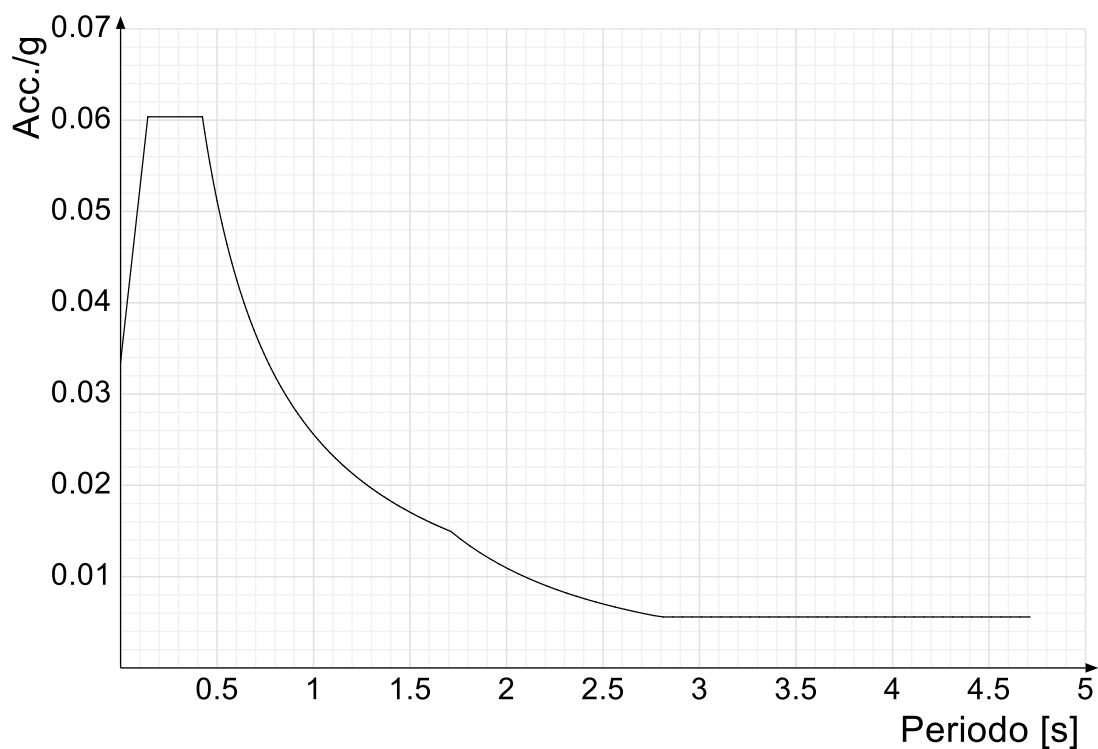
Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente X SLD § 3.2.3.5





**COMUNE DI UTA - PIANO STRAORDINARIO DI EDILIZIA SCOLASTICA ISCOL@ INTERVENTO
IN ASSE I: SCUOLE DEL NUOVO MILLENNIO CREAZIONE NUOVO POLO SCOLASTICO NEL COMUNE
DI UTA**

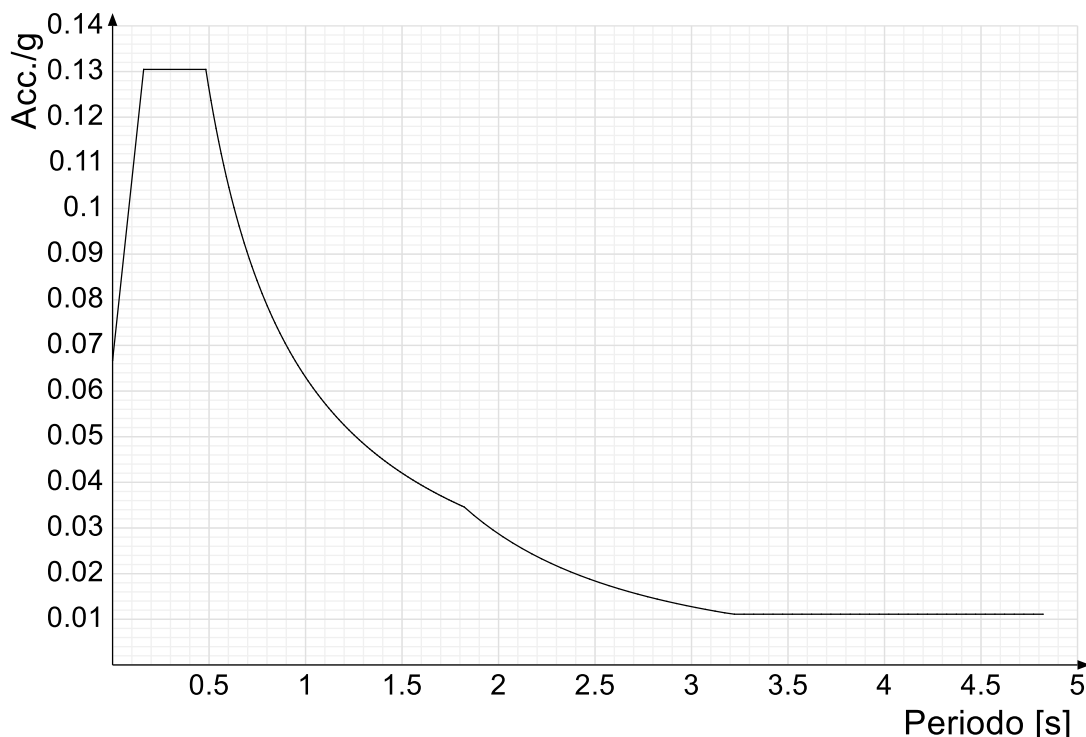
Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente Y SLD § 3.2.3.5





**COMUNE DI UTA - PIANO STRAORDINARIO DI EDILIZIA SCOLASTICA ISCOL@ INTERVENTO
IN ASSE I: SCUOLE DEL NUOVO MILLENNIO CREAZIONE NUOVO POLO SCOLASTICO NEL COMUNE
DI UTA**

Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente X SLV § 3.2.3.5



22

1.3.7 Calcolo del copriferro

Il copriferro è la distanza tra la superficie esterna dell'armatura (inclusi staffe, collegamenti e rinforzi superficiali, se presenti) più prossima alla superficie del calcestruzzo e la superficie stessa del calcestruzzo. Questa distanza dovrà essere maggiore o al massimo uguale al copriferro nominale di seguito definito.
Il copriferro nominale è definito nel modo seguente:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} \quad (1.4 - 1)$$

Dove " c_{nom} " è il valore nominale di progetto, " c_{min} " è il valore minimo del copriferro e " Δc_{dev} " è la tolleranza di esecuzione relativa al copriferro. Per le costruzioni ordinarie è assunta pari a 10mm, mentre nel caso di produzione in stabilimento con controlli molto rigorosi si assume 5mm.

Tolleranza di esecuzione relativa al copriferro:

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$$

Il valore minimo del copriferro è dato dal massimo valore contenuto nella parentesi:

$$c_{min} = \max (c_{min,b}; c_{min,dur}; 10mm) \quad (1.4 - 2)$$



**COMUNE DI UTA - PIANO STRAORDINARIO DI EDILIZIA SCOLASTICA ISCOL@ INTERVENTO
IN ASSE I: SCUOLE DEL NUOVO MILLENNIO CREAZIONE NUOVO POLO SCOLASTICO NEL COMUNE
DI UTA**

"C_{min,b}" è il copriferro necessario alla trasmissione delle tensioni tangenziali di aderenza; esso è da assumersi pari al diametro della barra quando l'armatura è isolata e nel caso di armature raggruppate si dovrà uguagliare al diametro equivalente delle barre:

$$\phi_{eq} = \phi \sqrt{n_b} \leq 55mm \quad (1.4 - 3)$$

Se la dimensione massima nominale dell'aggregato è maggiore di 32 allora "C_{min,b}" deve essere aumentato di 5mm.

Il numero di barre raggruppate è: **2**

Il diametro equivalente delle barre è: **28 mm**

Copriferro minimo per la trasmissione delle tensioni tangenziali di aderenza:

C_{min,b} = 28 mm

"C_{min,dur}" è il copriferro minimo correlato alle condizioni ambientali, la sua determinazione è legata alla classe strutturale, parametro che tiene conto della vita nominale della struttura, e alla classe ambientale, parametri che tengono conto della degradazione a cui potrebbe essere sottoposto il manufatto a causa dell'esposizione ambientale; essi sono stabiliti attraverso le classi di esposizione ambientali.

La classe strutturale di riferimento è la "S4" e sulla base delle indicazioni del prospetto 4.3N dell'Eurocodice 2, si definisce la classe strutturale per la costruzione in esame.

	Classi di esposizione			
	X0/ XC1	XC2/ XC3	XC4/ XD1/ XD2/ XS1	XD3/ XS2/ XS3
Vita utile nominale di 100 anni	Aumentare di 2 classi	Aumentare di 2 classi	Aumentare di 2 classi	Aumentare di 2 classi
Classe di resistenza del calcestruzzo	≥ C32/40 Ridurre 1 classe	≥ C35/45 Ridurre 1 classe	≥ C40/50 Ridurre 1 classe	≥ C45/55 Ridurre 1 classe
Elemento di forma simile ad una soletta	Ridurre 1 classe	Ridurre 1 classe	Ridurre 1 classe	Ridurre 1 classe
Controllo di qualità speciale della produzione del calcestruzzo	Ridurre 1 classe	Ridurre 1 classe	Ridurre 1 classe	Ridurre 1 classe

prospetto 4.3N -Classificazione strutturale raccomandata

Sulla base della precedente classificazione (pr.4.3N) si adotta la seguente classe strutturale: **S3**

Definita la classe strutturale il valore del copriferro minimo "C_{min,dur}" si ricava attraverso il prospetto 4.4N per acciai ad armatura ordinaria; ovvero al prospetto 4.5N per acciai da precompressione. Di seguito il valore ricavato dalla tabella:



**COMUNE DI UTA - PIANO STRAORDINARIO DI EDILIZIA SCOLASTICA ISCOL@ INTERVENTO
IN ASSE I: SCUOLE DEL NUOVO MILLENNIO CREAZIONE NUOVO POLO SCOLASTICO NEL COMUNE
DI UTA**

Copriferro minimo per requisiti con riferimento alla durabilità: **$C_{min,dur} = 20 \text{ mm}$**

Sulla base della formula 1.4-2 si definisce il copriferro minimo che soddisfi i requisiti di durabilità e trasmissione degli sforzi.

Copriferro minimo adottato: **$C_{min} = 28 \text{ mm}$**

Il copriferro nominale si ricava dalla formula 1.4-1, esso rappresenta il valore di progetto necessario per la definizione dell'altezza utile della sezione, riportato anche sui disegni strutturali.

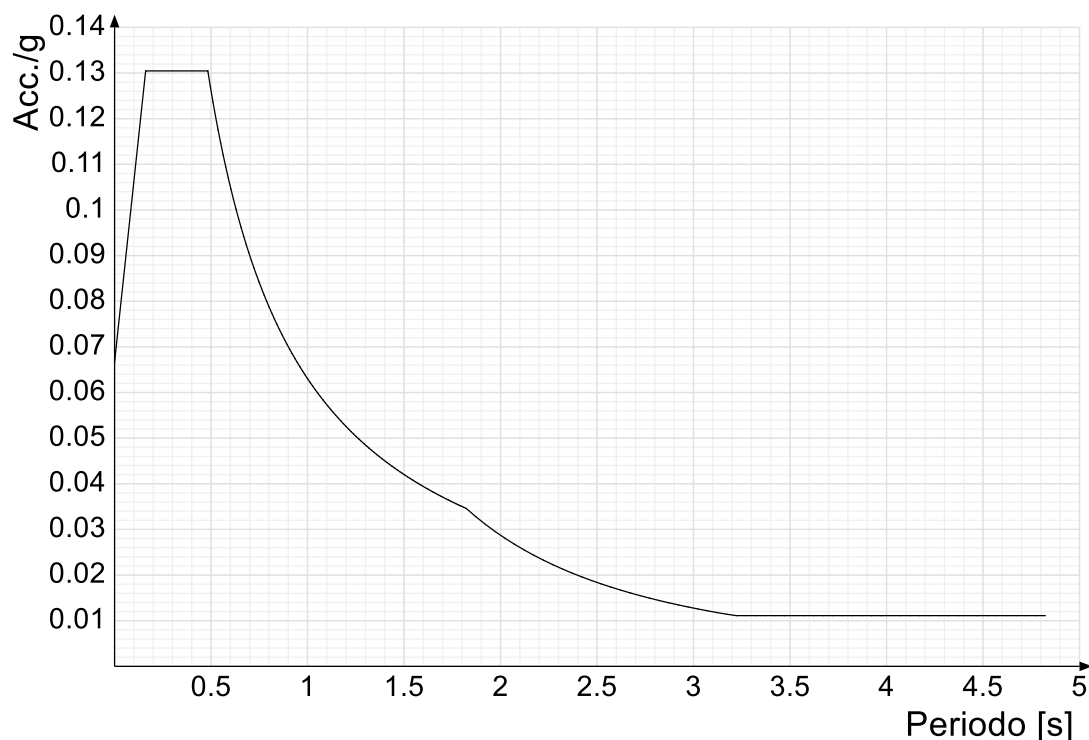
Copriferro nominale: **$C_{nom} = 33 \text{ mm}$**

Resoconto		
Classe strutturale e classe di esposizione	S3	XC2
Tolleranza di esecuzione relativa al copriferro ΔC_{dev}	3 mm	
Copriferro minimo per garantire l'aderenza $C_{min,b}$	28 mm	
Copriferro minimo per garantire la durabilità $C_{min,dur}$	20 mm	
Copriferro minimo adottato C_{min}	28 mm	
Copriferro nominale C_{nom}	33 mm	

1.4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

24

Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente Y SLV § 3.2.3.5

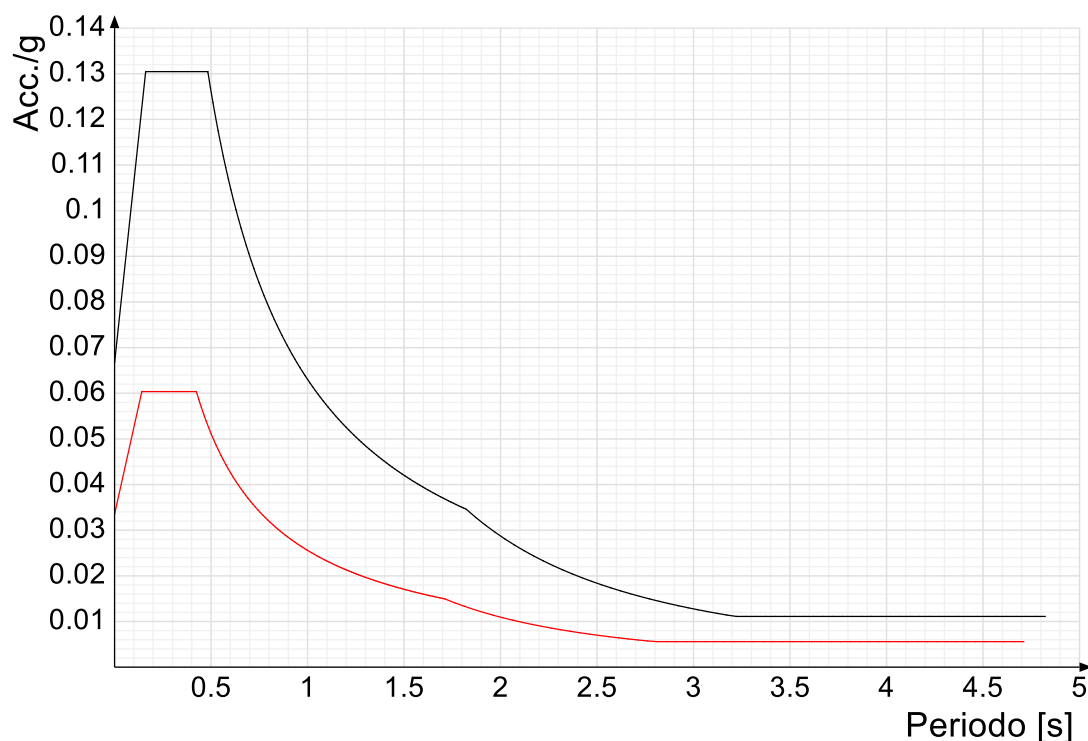




**COMUNE DI UTA - PIANO STRAORDINARIO DI EDILIZIA SCOLASTICA ISCOL@ INTERVENTO
IN ASSE I: SCUOLE DEL NUOVO MILLENNIO CREAZIONE NUOVO POLO SCOLASTICO NEL COMUNE
DI UTA**

Confronti spettri SLV-SLD

Vengono confrontati lo Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente X SLD § 3.2.3.5 (di colore rosso) e Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente X SLV § 3.2.3.5 (di colore nero).

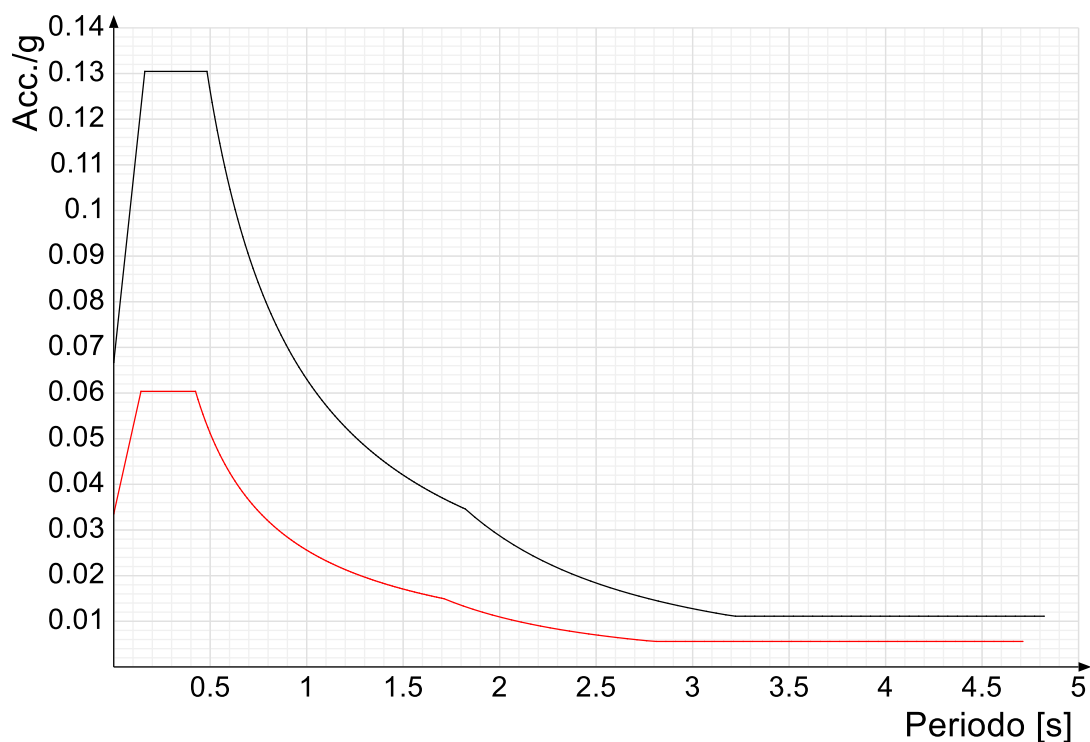


25

Vengono confrontati lo spettro Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente Y SLD § 3.2.3.5 (di colore rosso) e Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente Y SLV § 3.2.3.5 (di colore nero).



**COMUNE DI UTA - PIANO STRAORDINARIO DI EDILIZIA SCOLASTICA ISCOL@ INTERVENTO
IN ASSE I: SCUOLE DEL NUOVO MILLENNIO CREAZIONE NUOVO POLO SCOLASTICO NEL COMUNE
DI UTA**



26

1.5 CONDIZIONI ELEMENTARI DI CARICO

Descrizione: nome assegnato alla condizione elementare.

Nome breve: nome breve assegnato alla condizione elementare.

Durata: descrive la durata della condizione (necessario per strutture in legno).

ψ_0 : coefficiente moltiplicatore ψ_0 . Il valore è adimensionale.

ψ_1 : coefficiente moltiplicatore ψ_1 . Il valore è adimensionale.

ψ_2 : coefficiente moltiplicatore ψ_2 . Il valore è adimensionale.

Con segno: descrive se la condizione elementare ha la possibilità di variare di segno.

Descrizione	Nome breve	Durata	ψ_0	ψ_1	ψ_2	Con segno
Pesi strutturali	Pesi	Permanente				
Permanententi portati	Port.	Permanente				
Variabile Pl	Variabile Pl	Media	0.7	0.7	0.6	
Variabile Copertura	Variabile Copertura	Media	0	0	0	
Variabile Copertura legno	Variabile Copertura legno	Media	0	0	0	
Variabile biblioteca	Variabile biblioteca	media	1.0	0.9	0.8	
neve	neve	Media	0.5	0.2	0	
vento	vento	Media	0.6	0.2	0	
ΔT	ΔT	Media	0.6	0.5	0	No
Sisma X SLV	X SLV					
Sisma Y SLV	Y SLV					
Sisma Z SLV	Z SLV					
Eccentricità Y per sisma X SLV	EY SLV					
Eccentricità X per sisma Y SLV	EX SLV					
Sisma X SLD	X SLD					
Sisma Y SLD	Y SLD					
Sisma Z SLD	Z SLD					
Eccentricità Y per sisma X SLD	EY SLD					
Eccentricità X per sisma Y SLD	EX SLD					
Sisma X SLO	X SLO					
Sisma Y SLO	Y SLO					
Sisma Z SLO	Z SLO					
Eccentricità Y per sisma X SLO	EY SLO					
Eccentricità X per sisma Y SLO	EX SLO					
Rig. Ux	R Ux					
Rig. Uy	R Uy					



**COMUNE DI UTA - PIANO STRAORDINARIO DI EDILIZIA SCOLASTICA ISCOL@ INTERVENTO
IN ASSE I: SCUOLE DEL NUOVO MILLENNIO CREAZIONE NUOVO POLO SCOLASTICO NEL COMUNE
DI UTA**

Descrizione	Nome breve	Durata	ψ_0	ψ_1	ψ_2	Con segno
Rig. Rz	R Rz					

1.6 COMBINAZIONI DI CARICO

Per quel che concerne le combinazioni, considerate le diverse condizioni elementari di carico, sono state adottate delle combinazioni "semplificate", ovvero è stato scelto di moltiplicare i vari carichi accidentali, neve e vento per dei coefficienti costanti in modo da avere poche combinazioni, ma rappresentative che vanno comunque a favore della sicurezza.

Nello specifico per lo SLU sono state implementate due combinazioni con dei moltiplicatori pari a 1,4 per i carichi variabili, mentre per le combinazioni SLE rara e frequente sono stati utilizzati i coefficienti pari a 0,9.

2 TIPOLOGIA ANALISI SISMICA

L'analisi sismica è stata effettuata adottando l'analisi dinamica lineare, la massa partecipante supera sempre in entrambe le direzioni l'85 % .