

COMMITTENTE



Comune di Celano

PROGETTO

VERIFICA DI VULNERABILITÀ SISMICA  
**AUDITORIUM E. FERMI**

PROGETTAZIONE



Direttore Tecnico: Ing. Roberto Tonelli

Via G. Garibaldi, 174  
67051 Avezzano (AQ)  
Tel e Fax +39.0863.441259  
[www.tonelli-ingegneria.it](http://www.tonelli-ingegneria.it)  
[info@tonelli-ingegneria.it](mailto:info@tonelli-ingegneria.it)



CONSULENZA STRUTTURALE





Ing. Giorgio Linguanti  
Ing. Gianluca Iacono

TITOLO



RELAZIONE DI CALCOLO

Rev.	Data	Redatto	Controllato	Oggetto	Approvato
00	15.09.2016		Roberto Tonelli	Per approvazione	
Elaborato <b>Tav. S01</b>					Commessa
Data Settembre 2016	Scala Varie	File:			Formato elaborato A4

	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 1 di 44

## Indice

1	PREMESSA .....	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	4
2.1	Normative Nazionali .....	4
2.2	Normative Europee.....	4
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	5
3.1	Elaborati .....	5
3.2	Esecutivi strutturali Grafici .....	5
3.3	Relazione geologica. ....	5
4	DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO.....	7
4.1	Analisi storico critico [D.M. 14.01.2008 p.to 8.5.1 e C 8.5.1] .....	7
4.1.1	Corpo A.....	13
4.1.2	Rilievo geometrico strutturale Corpo A [§ C.8.5.2] .....	13
4.1.3	Corpo B.....	14
4.1.4	Rilievo geometrico strutturale Corpo B-C [§ C.8.5.2] .....	14
5	QUADRO FESSURATIVO.....	14
6	VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIF. (P.TO 2.4-D.M.14-01-08).....	15
6.1	Vita Nominale P.to 2.4.1.....	15
6.2	Classe d'uso P.to 2.4.2.....	15
6.3	Periodo di riferimento per l'azione sismica p.to 2.4.3. ....	16
7	COMBINAZIONI DELLE AZIONI ( P.TO2.5.3D.M.14-01-08) .....	16
8	COMBINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA CON LE ALTRE AZIONI (P.TO3.2.4 D.M. 14.01.08) .....	17
9	INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E GEOLOGICO DEL SITO .....	18
10	AZIONI SULLE STRUTTURE .....	19
11	ANALISI DEI CARICHI .....	19
11.1	Azione della Neve.....	19
11.2	Pesi Propri Strutturali P.to 3.1.2 del D.M. 14.01.08.....	20
11.3	Azioni Permanenti .....	21
11.3.1	Solaio Tipo "Aula".....	21
11.3.2	Solaio Tipo Sotto-Tetto non accessibile .....	21
11.4	Carichi variabili .....	22
12	FATTORE DI STRUTTURA (P.TO 7.5.2.1. E P.TO 8.7 E C. 8.7.2.4.).....	22
12.1	Strutture in Muratura.....	22
13	AZIONE SISMICA (PUNTO 3.2). ....	23
13.1	Determinazione delle categorie del sottosuolo.....	23
13.2	Individuazione della pericolosità del sito .....	24
13.3	Scelta della strategia di progetto.....	27
13.4	Valutazione azione sismica ( p.to 3.2.3 D.m. 14-01-08).....	30
13.4.1	Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali (p.to 3.2.3.2.1 D.m. 14-01-08).....	30
13.4.2	Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali (p.to 3.2.3.2.2 D.m. 14.01.08) .....	30
13.5	Determinazione dell'azione di progetto .....	30
14	MODELLAZIONE DI CALCOLO E METODO DI ANALISI.....	40
14.1	Analisi dinamica lineare con spettro di progetto (p.to 7.3.3.2).....	40
15	ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO AUTOMATICO .....	40
15.1	Origine dei codici utilizzati .....	40
15.2	Affidabilità dei codici utilizzati.....	41

	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 2 di 44

16	PRESENTAZIONE DEI RISULTATI .....	42
17	VERIFICA DI VULNERABILITÀ SISMICA CORPO A .....	42
18	CONSIDERAZIONI FINALI .....	44





	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 3 di 44

Figura 1 Pianta Piano Terra del 1930.....	7
Figura 2 Prospetto Principale Via Santilli.....	8
Figura 3 Prospetto Lato Nord.....	8
Figura 4 Progetto Auditorium del 2007 Piano Terra o Rialzato .....	9
Figura 5 Progetto Auditorium del 2007 Piano Primo .....	10
Figura 6 Prospetti Progetto del 2007.....	11
Figura 7 Prospetti Progetto del 2007.....	12
Figura 8 Demolizioni e Modifiche strutturali eseguite nel 2007 .....	13
Figura 9 Individuazione del sito.....	18
Figura 10 Coordinate del sito e individuazione dei parametri .....	24
Figura 11 Valori dei parametri $a_g$ , $F_0T_c$ , per i periodi di ritorno $T_r$ di riferimento .....	25
Figura 12 Valori dei parametri $a_g$ , $F_0T_c$ , per i periodi di ritorno $T_r$ di riferimento .....	25
Figura 13 Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno $T_r$ di riferimento.....	26
Figura 14 .....	27
Figura 15 Valori dei parametri $a_g$ , $F_0T_c$ , per i periodi di ritorno $T_r$ di riferimento .....	28
Figura 16 valori dei parametri $a_g$ , $f_0 t_c$ , per i periodi di ritorno $t_r$ associati a ciascun stato limite ...	28
Figura 17 Spettri di risposta elastici per i diversi stati limite.....	29
Figura 18 SLO.....	31
Figura 19 Spettro di progetto di risposta per componente orizzontale SLO.....	32
Figura 20 Diagramma dello spettro di progetto allo SLO .....	33
Figura 21 SLD.....	34
Figura 22 Spettro di progetto di risposta per componente orizzontale SLD.....	35
Figura 23 Diagramma dello spettro di progetto allo SLD .....	36
Figura 24 SLV .....	37
Figura 25 Spettro di progetto di risposta per componente orizzontale SLV.....	38
Figura 26 Diagramma dello spettro di progetto allo SLV .....	39
Figura 27 Indicatori di rischio in termini di $p_g$ Corpo A .....	43
Figura 28 Indicatori di Rischio in termini di $T_r$ Corpo a .....	43

	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 4 di 44

## 1 PREMESSA

La presente relazione di calcolo riguarda il progetto di vulnerabilità sismica dell'edificio scolastico "Enrico Fermi" sito nel Comune di Celano.

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

### 2.1 *NORMATIVE NAZIONALI*

- Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 Nuove norme tecniche per le costruzioni - pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale del 04-02-2008;
- Circolare n.617 del 2 febbraio 2009 esplicativa delle NTC 2008;

### 2.2 *NORMATIVE EUROPEE*

#### **Eurocodice 0 – Criteri generali di progettazione strutturale**

- UNI EN 1990:2006

#### **Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture**



- UNI EN 1991-1-1:2004 Parte 1-1: Azioni in generale - Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici
- UNI EN 1991-1-2:2004 Parte 1-2: Azioni in generale - Azioni sulle strutture esposte al fuoco
- UNI EN 1991-1-3:2004 Parte 1-3: Azioni in generale - Carichi da neve
- UNI EN 1991-1-4:2005 Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento
- UNI EN 1991-1-5:2004 Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche
- UNI EN 1991-1-6:2005 Parte 1-6: Azioni in generale - Azioni durante la costruzione
- UNI EN 1991-1-7:2006 Parte 1-7: Azioni in generale - Azioni eccezionali

#### **Eurocodice 2– Progettazione delle strutture in calcestruzzo**

- UNI EN 1992-1-1:2005 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1992-1-2:2005 Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio
- UNI EN 1994-1-1:2005 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1994-1-2:2005 Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio
- UNI EN 1994-2:2006 Parte 2: Regole generali e regole per i ponti

#### **Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica**

- UNI EN 1997-1:2005 Parte 1: Regole generali
- UNI EN 1997-2:2007 Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo
- UNI EN 1998-1:2005 Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici
- UNI EN 1998-2:2009 Parte 2: Ponti
- UNI EN 1998-3:2005 Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici
- UNI EN 1998-4:2006 Parte 4: Silos, serbatoi e condotte

	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 5 di 44

- UNI EN 1998-5:2005 Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- UNI EN 1998-6:2005 Parte 6: Torri, pali e camini

### 3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

#### 3.1 ELABORATI

- S01 Relazione di calcolo;
- S02 Relazione sui materiali;
- S03 Tabulato di calcolo struttura Esistente e Ampliamento
- S04 Tabulato di calcolo Annesso;
- S05 Relazione Geotecnica;
- S06 Piano di Manutenzione;

#### 3.2 ESECUTIVI STRUTTURALI GRAFICI

- S07 Piano di Fondazione pianta e travate;
- S09 Piano I° Impalcato Pianta e Travate;
- S10 Pianta Fili Fissi e Pilastrate;
- S11 Pianta Sezioni e Particolari Costruttivi Pergolato;

#### 3.3 RELAZIONE GEOLOGICA.

La relazione geologica è stata redatta dal Dott. Geol Eliseo Paolini nel 19.12.2006 ma già redatta ai sensi della O.P.C.M. 3274 del 2003 .l. di cui si riporta un estratto con i parametri necessari per la progettazione strutturale dell'immobile.



##### 1. Inquadramento dell'area

- Latitudine WGS84 13.549320
- Longitudine WGS84 42.084263
- Latitudine ED50 13.550225
- Longitudine ED50 42.085241
- Quota 778 m s.l.m.
- Categoria del sottosuolo B ( $V_{s30}=476$  m/s)
- Categoria Topografica T1;



##### 2. Parametri Geotecnici caratteristici per la verifica a collasso per carico limite

###### **Primo Strato F1 Quota 0.00-2.40 m**

- Angolo di attrito interno  $\phi'$ k 28 - 30°
- Coesione efficace kPa  $c'$ k 0

	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 6 di 44

- Peso di volume t/m3  $\gamma_k$  1.5 - 1.9
  - Coefficiente di sottofondo daN/cm3  $k_s$  10
- Secondo Strato F2 Quota 2.40 - 10.00 m**
- Angolo di attrito interno  $\phi^{\circ}$  30 - 38°
  - Coesione efficace kPa  $c_k$  0
  - Peso di volume t/m3  $\gamma_k$  1.6 - 20.1
  - Coefficiente di sottofondo daN/cm3  $k_s$  10

	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 7 di 44

## 4 DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

### 4.1 ANALISI STORICO CRITICO [D.M. 14.01.2008 P.TO 8.5.1 E C 8.5.1]

L'immobile è stato progettato nel 1932 con successive modifiche nel 1937 dall'Ing. De Paulis, inoltre il progetto è statp depositato presso l'archivio storico del Genio Civile di Avezzano in data 29.10.1932 e una variante del 1937, tali dati sono stati possibili determinare attraverso gli elaborati che è stato possibile reperire.

Successivamente nel 2007 con un progetto di ristrutturazione sono state apportate delle modifiche al complesso edilizio con la realizzazione di un auditorium che risulta completamente giuntato dal resto della struttura. Tali modifiche hanno comportato la demolizione di alcuni parti della struttura e la rimodulazione di alcuni spazi interni.

Visto che le strutture sono giuntate è possibile procedere con la suddivisione della struttura in corpi.

1. **Corpo A** edificio realizzato con progetto del 1932 e successive varianti;
2. **Corpo B** edificio di nuova realizzazione giuntato dal resto della struttura realizzato nel 2007.

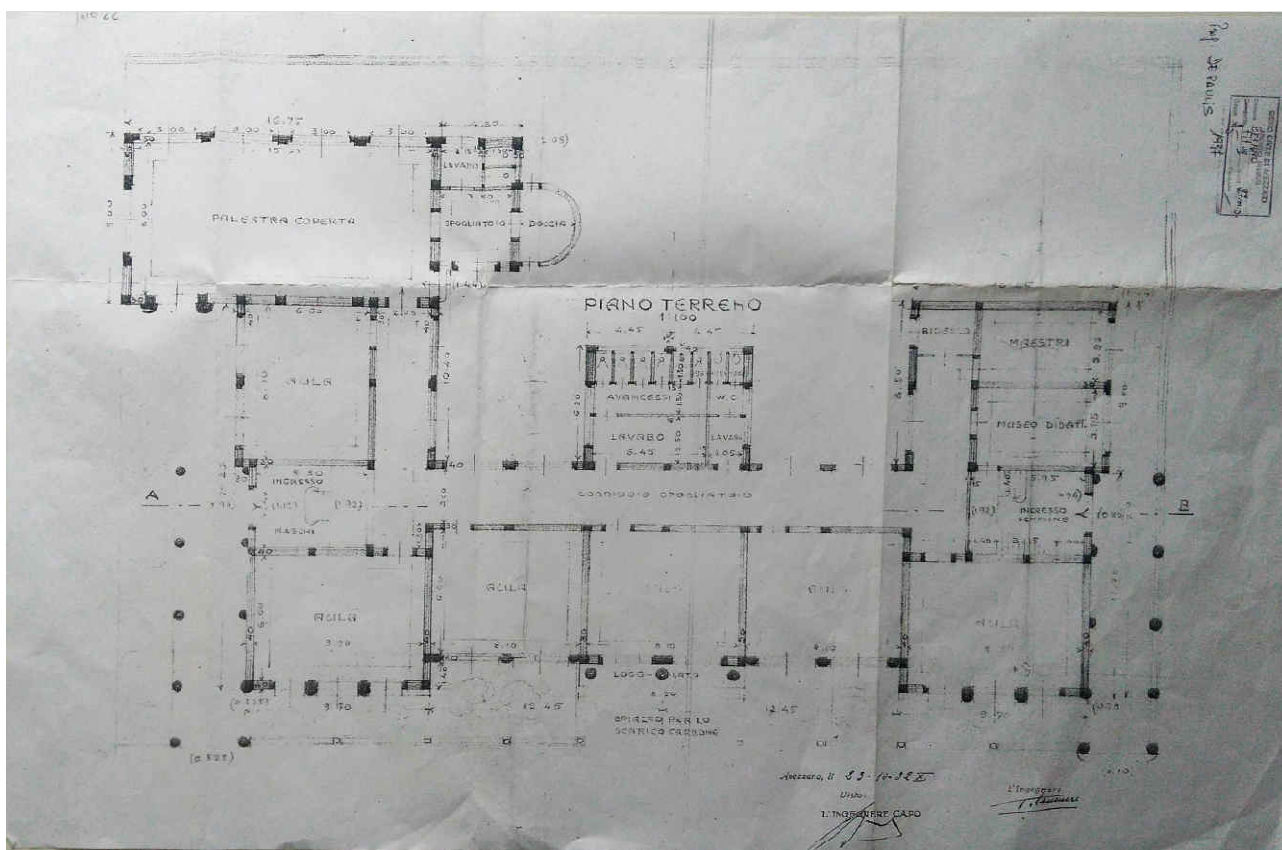




FIGURA 1 PIANTA PIANO TERRA DEL 1930





	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 9 di 44

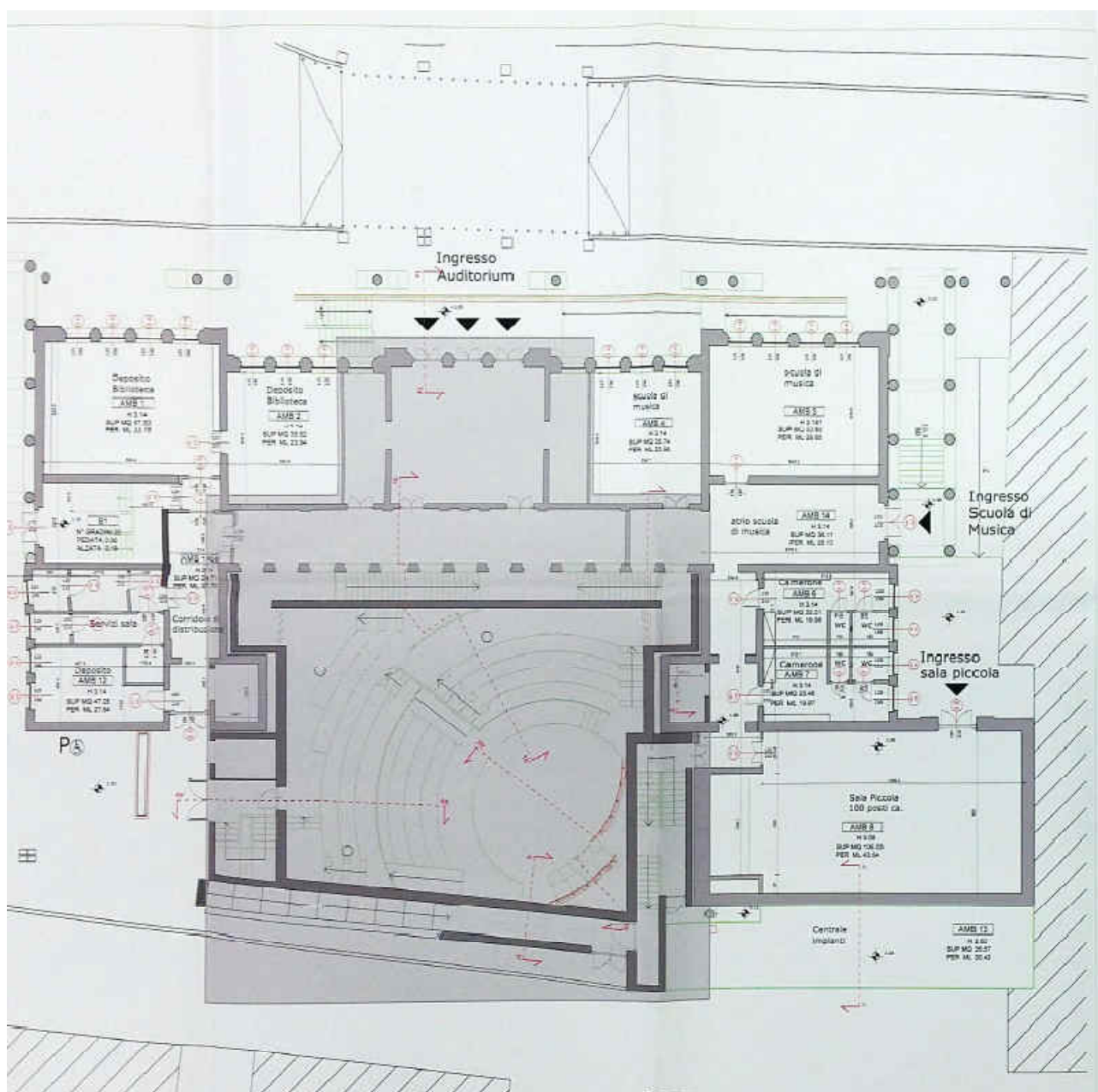




FIGURA 4 PROGETTO AUDITORIUM DEL 2007 PIANO TERRA O RIALZATO

	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 10 di 44

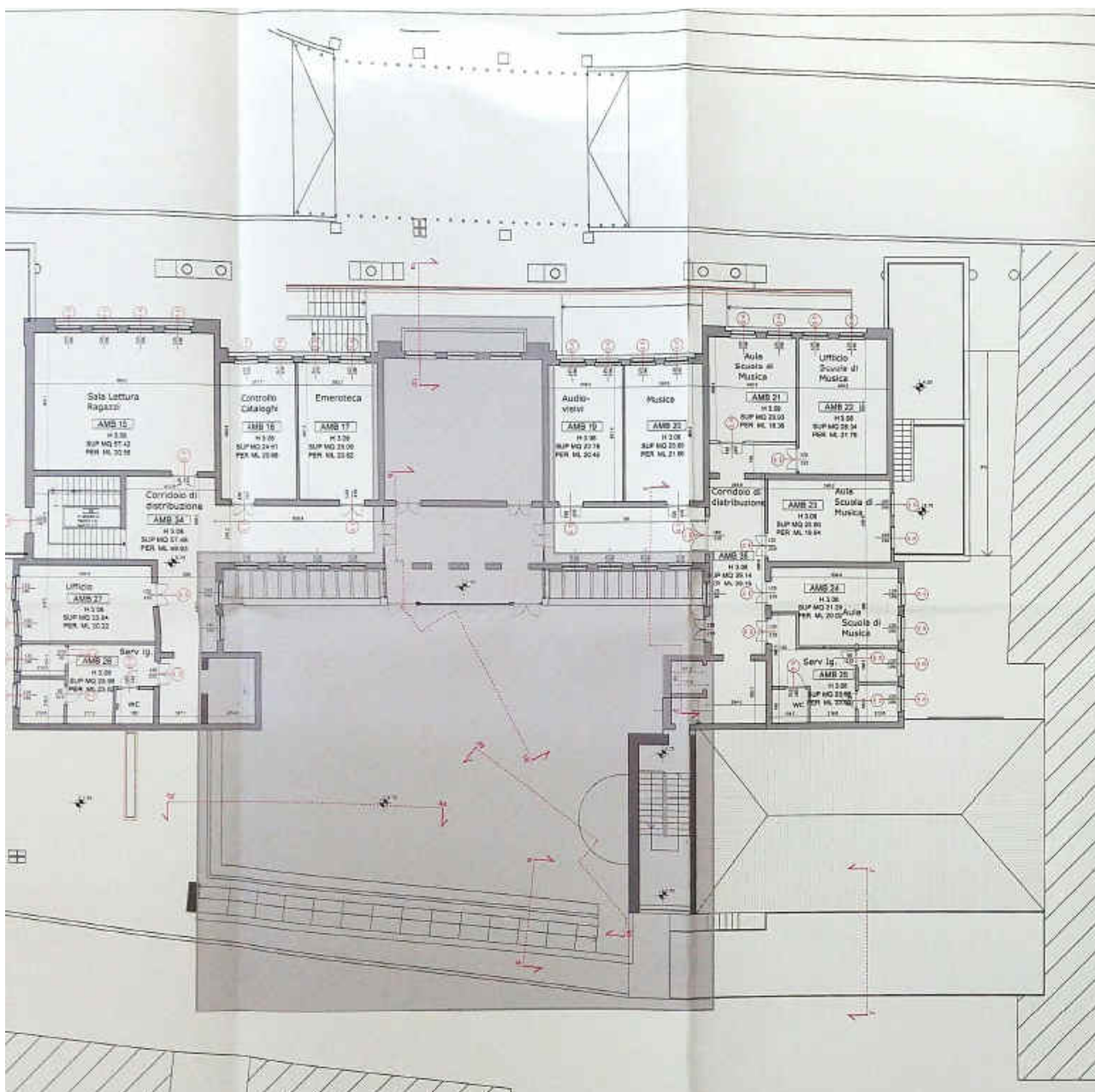




FIGURA 5 PROGETTO AUDITORIUM DEL 2007 PIANO PRIMO





	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 12 di 44

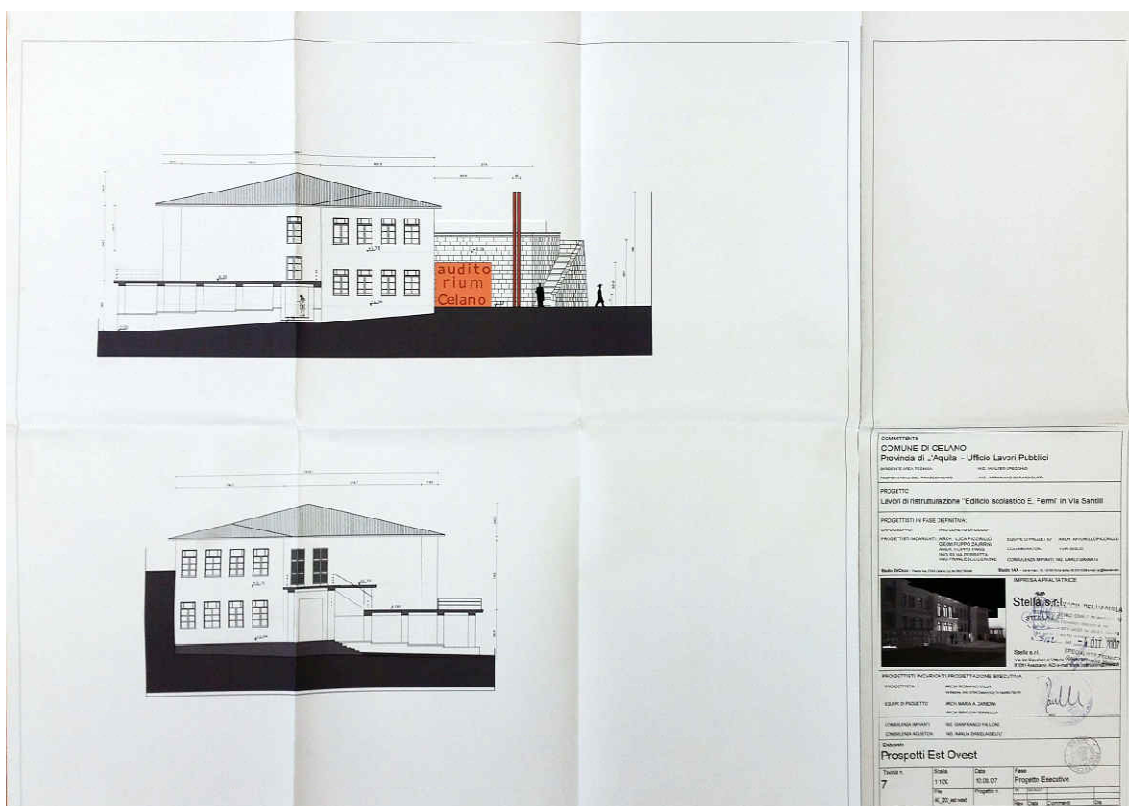


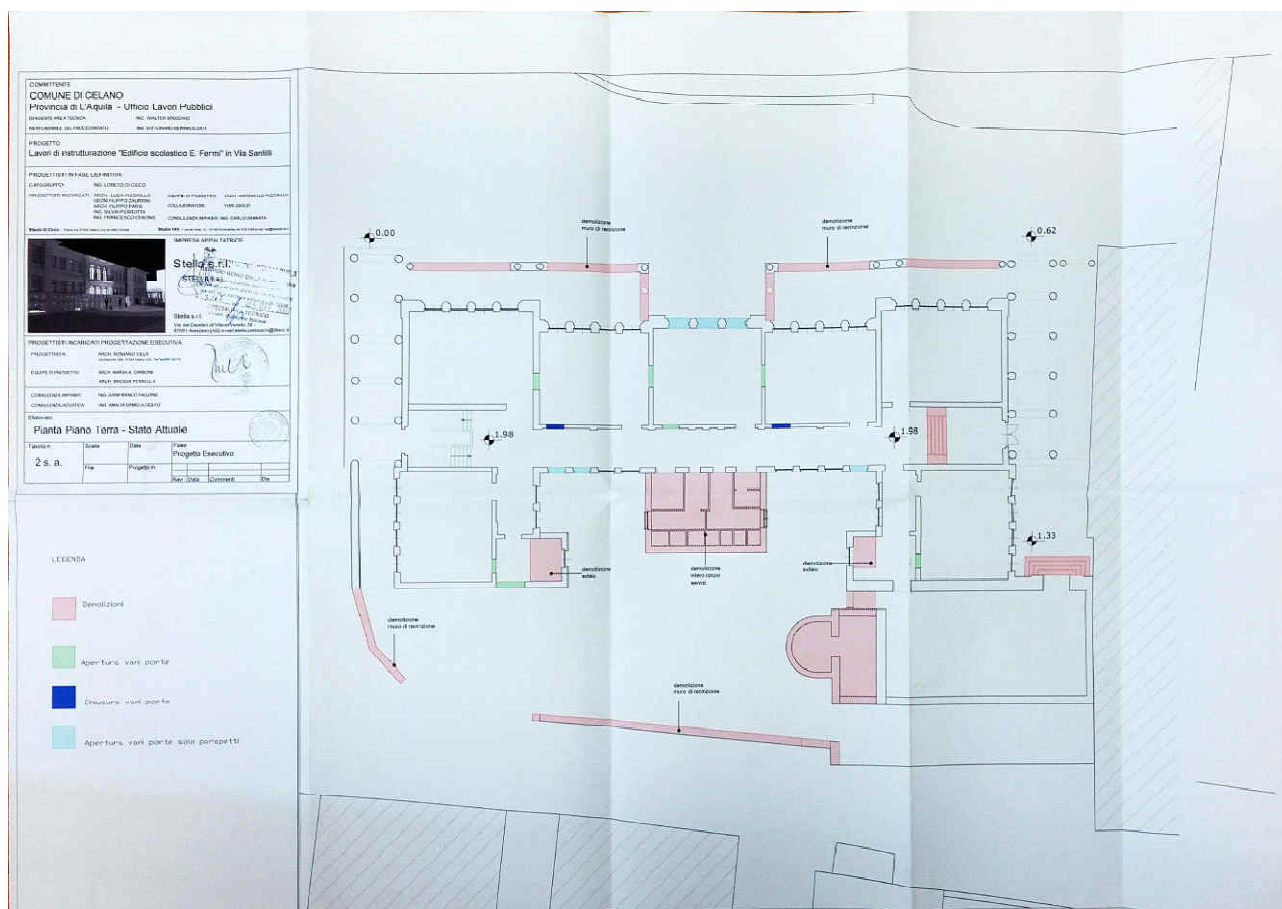


FIGURA 7 PROSPETTI PROGETTO DEL 2007

	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 13 di 44



**FIGURA 8 DEMOLIZIONI E MODIFICHE STRUTTURALI ESEGUITE NEL 2007**

#### 4.1.1 CORPO A

Il corpo A è stato realizzato intorno al 1932 e presenta un ingombro in pianta con una forma ad "U" composto da un corpo centrale parallelo alla via Santilli di 44.40 x 12.80 m e da due corpi ortogonali di dimensioni rispettivamente di 17.20x17.20 m circa e 12.10x8.30 m circa.

L'altezza del piano terra che risulta rialzato rispetto alla sede viaria di circa 2.00 è di 3.80 m circa mentre il piano primo presenta



e un'altezza dallo spiccatto delle fondazione di circa 17.50 m realizzata interamente in c.a.. Le tamponature sono costituite da una doppia foderà mattoni forati intonacati su entrambe le facce. La copertura è falde.

#### 4.1.2 RILIEVO GEOMETRICO STRUTTURALE CORPO A [§ C.8.5.2]

Il rilievo geometrico della struttura esistente è stato effettuato sulla scorta della documentazione a disposizione, ed in particolare elaborati grafici, ed inoltre si è proceduto ad una ispezione visiva della struttura.

Di seguito si riporta una descrizione dello stato di fatto

- **Struttura di fondazione**
- **Struttura in elevazione**

	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 14 di 44

La struttura in elevazione è composta da una muratura in mattoni pieni mista a telai in c.a. nelle zone d'angolo sul prospetto principale lungo la via P. Santilli. Le murature presentano spessore variabile dai 40 cm ai 30 cm.

- **Solaio**

I solai sono realizzati del tipo gettati in opera con elementi in laterizi di alleggerimento dello spessore di 4 cm e con travetti di 16 cm e una caldana in c.a. di 5 cm, per uno spessore complessivo di circa 25 cm, mentre per quanto riguarda quello di copertura del piano primo è composto da elementi in acciaio e tavelloni senza soletta collaborante.

La copertura invece è realizzata in legno con capriate.

#### 4.1.3 CORPO B

Il corpo B è stato realizzato dopo il 2007 e presenta di un quadrilatero con un ingombro in pianta di 23.60x 17.30 m e un'altezza dallo spiccatto delle fondazione di circa 5.00 m realizzata interamente in c.a, giuntata dal corpo A.

#### 4.1.4 RILIEVO GEOMETRICO STRUTTURALE CORPO B-C [§ C.8.5.2]

Il rilievo geometrico della struttura esistente è stato effettuato sulla scorta della documentazione a disposizione, ed in particolare elaborati grafici, ed inoltre si è proceduto ad una ispezione visiva della struttura.

Di seguito si riporta una descrizione dello stato di fatto

- **Struttura di fondazione**

La struttura di fondazione del fabbricato è composta da una platea di circa 50 cm.

- **Struttura in elevazione**

La struttura in elevazione è composta setti in c.a. dello spessore di circa 40 cm.



Le travi di piano che compongono i vari impalcati presentano dimensioni in pianta 30x50 in direzione x mentre sono 50x40 nella direzione y.

- **Copertura**

La copertura è composta da una maglia di travi in legno lamellare su cui è fissato un tavolato in legno con una caldana in c.a. che funge da soletta collaborante.

## 5 QUADRO FESSURATIVO

Non è presente nessuna fessurazione e cedimento differenziale della struttura, in corso.

	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 15 di 44

## 6 VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIF. (P.TO 2.4-D.M.14-01-08)

### 6.1 VITA NOMINALE P.TO 2.4.1.

La vita nominale di un'opera  $V_N$  è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta a manutenzione ordinaria, deve poter usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I e deve essere precisata nei documenti di progetto.

**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 <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	$\geq 100$

La struttura in oggetto è classificabile come opera ordinaria la cui vita nominale è pari a:

$$V_N = 50 \text{ anni}$$



### 6.2 CLASSE D'USO P.TO 2.4.2.

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 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.

Visto che si tratta di un immobile con destinazione d'uso di tipo residenziale si assegna la **Classe III**.



	COMMITTENTE:	Comune di Celano				
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI				
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-				
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA:	16 di 44

### 6.3 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA P.TO 2.4.3.

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento VR che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso CU è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II.

**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

Se  $V_R \leq 35$  anni si pone comunque  $V_R = 35$  anni.

Nel caso in progetto il valore del periodo di riferimento è di:

$$V_R = 50 \cdot 1.5 = 75 \text{ anni}$$

## 7 COMBINAZIONI DELLE AZIONI ( P.TO2.5.3D.M.14-01-08)

Le combinazioni di calcolo considerate sono quelle previste dal D.M. 14.01.2008 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive. In particolare:

Per gli SLU:

$$\gamma_g G_k + \gamma_p P_k + \gamma_q \cdot \left[ Q_{1k} + \sum_{i=2}^{i=n} (\psi_{0i} Q_{ik}) \right]$$

Per gli SLE

combinazioni rare:



$$G_k + P_k + Q_{1k} + \sum_{i=2}^{i=n} (\psi_{0i} Q_{ik})$$

combinazioni frequenti:

$$G_k + P_k + \psi_{11} Q_{1k} + \sum_{i=2}^{i=n} (\psi_{2i} Q_{ik})$$

combinazioni quasi permanenti:

$$G_k + P_k + \sum_{i=1}^{i=n} (\psi_{2i} Q_{ik})$$

	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 17 di 44

I coefficienti parziali di sicurezza per le verifiche SLU sono:

TABELLA 1

Categoria/Azione variabile	$\psi_{0j}$	$\psi_{1j}$	$\psi_{2j}$
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Di seguito si riportano i coefficienti parziali che verranno applicati ai vari carichi

		Coefficiente $\gamma_f$	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{f1}$	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli	$\gamma_{f1}$	1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	favorevoli	$\gamma_{f2}$	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli	$\gamma_{f2}$	1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{fi}$	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli	$\gamma_{fi}$	1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

## 8 COMBINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA CON LE ALTRE AZIONI (P.TO3.2.4 D.M. 14.01.08)

Nel caso delle costruzioni civili e industriali le verifiche agli stati limite ultimi o di esercizio devono essere effettuate per la combinazione dell'azione sismica con le altre azioni già fornita al par. 5 della seguente relazione di seguito riportati:

$$G_k + P + E + \sum_j \psi_{2j} \cdot Q_{kj}$$



Dove i coefficienti parziali inglobano gli eventuali coefficienti di modello.

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali.

$$G_k + \sum (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

Dal prospetto 1 del DM 14/01/2008 si ricavano i coefficienti  $\psi_i$  da considerare.



	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 19 di 44

proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$ , compresi fra 360 m/s e 800 m/s ( $N_{spt,30} > 50$  nei terreni a grana grossa o  $c_{u30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).

## 10 AZIONI SULLE STRUTTURE

Le azioni che sono state prese in considerazione sono conformi a quanto riporta nel D.M. 14.01.2008 e la successiva circolare del 02.02.2009 n.617/C.S.LL.PP., e precisamente sono:

- Peso Proprio, punti 3.1.2.– 5.1.3.;
- Carichi Permanenti non strutturali, punti 3.1.3;
- Azione sismica, punti 3.2;
- Azione della Neve, punti 3.4;
- Variazioni termiche, punti 3.5.5;

## 11 ANALISI DEI CARICHI

### 11.1 AZIONE DELLA NEVE

Il carico provocato dalla neve sulle coperture sarà valutato mediante la seguente espressione:

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

dove:

$q_s$  è il carico neve sulla copertura;

$\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura;

$q_{sk}$  è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [kN/m<sup>2</sup>], per un periodo di ritorno di 50 anni;

$C_E$  è il coefficiente di esposizione

$C_t$  è il coefficiente termico

Si ipotizza che il carico agisca in direzione verticale e lo si riferisce alla proiezione orizzontale della superficie della copertura.

#### **Determinazione del carico da neve al suolo per Zona III**

Il carico neve al suolo dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, considerata la variabilità delle precipitazioni nevose da zona a zona. L'altitudine di riferimento  $a_s$  è la quota del suolo sul livello del mare nel sito di realizzazione dell'edificio.

#### **COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE**



$$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/m}^2 \quad a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 0,51 [1 + (a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2 \quad a_s > 200 \text{ m}$$

Il coefficiente di esposizione  $C_E$  può essere utilizzato per modificare il valore del carico neve in copertura in funzione delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera.

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 tetto, 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



	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA' SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 20 di 44

### COEFFICIENTE TERMICO

Il coefficiente termico può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato  $C_t = 1$ .

### CARICO NEVE SULLE COPERTURE

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Per coperture a più falde, per coperture con forme diverse, così come per coperture contigue a edifici più alti o per accumulo di neve contro parapetti o più in generale per altre situazioni ritenute significative dal progettista si deve fare riferimento a normative di comprovata validità.

Nel caso in esame si ha:

$a_s$	787	[m]	
$C_E$	1.00		
$C_t$	1.00		
$\alpha$	11.00	gradi	
$q_{sk}$	0.60	[kN/m <sup>2</sup> ]	per $a_s < 200$ m
$q_{sk}$	1.88	[kN/m <sup>2</sup> ]	per $a_s > 200$ m

Coefficiente di forma per le coperture	{	$\mu_1 = 0.80$	per $0^\circ < \alpha < 30^\circ$
		$\mu_1 = 1.60$	per $30^\circ < \alpha < 60^\circ$
		$\mu_1 = 0.00$	per $\alpha > 60^\circ$

$q_s$	1.50	[kN/m <sup>2</sup> ]	=	150.00	[kg/m <sup>2</sup> ]
-------	------	----------------------	---	--------	----------------------



### 11.2 PESI PROPRI STRUTTURALI P.TO 3.1.2 DEL D.M. 14.01.08

Per la determinazione dei pesi propri strutturali dei più comuni materiali possono essere assunti i valori dei pesi dell'unità di volume riportati nella Tab. 3.1.I., pertanto nel caso specifico si ha:

- Acciaio 7850 daN/m<sup>3</sup>
- Cemento Armato 2500 daN/m<sup>3</sup>

(\*) Il carico dovuto alle travi in legno uso fiume sono state inseriti manualmente attraverso il carico solaio alla voce G1 pari a 50 daN/m<sup>2</sup>.

Tali carichi verranno conteggiati in modo automatico dal software di calcolo utilizzato.

	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 21 di 44



### 11.3 AZIONI PERMANENTI

#### 11.3.1 SOLAIO TIPO "AULA"

PERMANENTE STRUTTURALE									
Lastra Predall	1.00	x	1.00	x	1.00	x	0.04	x	2500 = 100 daN/m <sup>2</sup>
Peso proprio travetti	2.00	x	0.15	x	1.00	x	0.16	x	2500 = 120 daN/m <sup>2</sup>
Alleggerimento	2.00	x	1.00	x	0.25	x	0.15	x	480 36 daN/m <sup>3</sup>
Peso proprio caldana	1.00	x	1.00	x	1.00	x	0.05	x	2500 = 125 daN/m <sup>2</sup>
Totale									381 daN/m <sup>2</sup>
PERMANENTE NON STRUTTURALE									
Pavimentazione	1.00	x	1.00	x	1.00	x	1.00	x	80 = 80 daN/m <sup>2</sup>
Massetto	1.00	x	1.00	x	1.00	x	0.10	x	1800 90 daN/m <sup>2</sup>
Intonaco	1.00	x	1.00	x	1.00	x	1.00	x	30 = 30 daN/m <sup>2</sup>
Totale									200 daN/m <sup>2</sup>

#### 11.3.2 SOLAIO TIPO SOTTO-TETTO NON ACCESSIBILE

PERMANENTE STRUTTURALE											
Travi in acciaio	0.50	x	1.00	x	1.00	x	1.00	x	20	=	11 daN/m <sup>2</sup>
Tavelle	1.00	x	1.00	x	1.00	x	0.06	x	600		36 daN/m <sup>3</sup>
Totale											47 daN/m <sup>2</sup>
PERMANENTE NON STRUTTURALE											
Intonaco	1.00	x	1.00		x	1.00	x	1.00	x	30	= 30 daN/m <sup>2</sup>
Totale											30 daN/m <sup>2</sup>

	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 22 di 44

#### 11.4 CARICHI VARIABILI

Si è concordato con il committente che per la determinazione dell'entità e della distribuzione spaziale e temporale dei sovraccarichi variabili si farà riferimento alla tabella del D.M. 14.01.2008 in funzione della destinazione d'uso.

Categ.	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 sporte 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	> 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 il 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

Nel caso specifico le azioni variabili da considerare sono i seguenti:

*Ambienti suscettibili di affollamento.*

- **Cat. C2**

**400 daN/m<sup>2</sup>**

*Copertura.*



- **Cat. H** coperture accessibili solo per manutenzione

**50 daN/m<sup>2</sup>**

## 12 FATTORE DI STRUTTURA (P.TO 7.5.2.1. E P.TO 8.7 E C. 8.7.2.4.)

### 12.1 STRUTTURE IN MURATURA

Nel caso in esame visto che si affronta una analisi di tipo non lineare il valore del fattore di struttura si determina alla base dell'analisi non lineare.

	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 23 di 44

### 13 AZIONE SISMICA (PUNTO 3.2).

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.

Viene utilizzata la definizione della pericolosità sismica italiana, recentemente prodotta e messa in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero, cioè in assenza di manufatti, 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  $V_R$ . Pertanto può essere definita come la probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato.

Le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di riferimento, per una fissata  $P_{VR}$ , si ritengono individuate quando se ne conosca l'accelerazione massima ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione.

La possibilità di descrivere il terremoto in forma di accelerogrammi è ammessa, a condizione che essi siano compatibili con le predette caratteristiche del moto sismico. In particolare, i caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica  $P_{VR}$ :

- **$a_g$**  = accelerazione massima al sito;
- **$F_o$**  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- **$T_C^*$**  = periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il valore di  $a_g$  è desunto direttamente dalla pericolosità di riferimento, attualmente fornita dallo INGV, mentre  $F_o$  e  $T_C^*$  sono calcolati in modo che gli spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento forniti dalle NTC approssimino al meglio i corrispondenti spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento derivanti dalla pericolosità di riferimento.

I valori di  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  relativi alla pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento riportate nelle tabelle dell'*Allegato B 'Tabelle dei parametri che definiscono l'azione sismica' del D.M. 14/01/2008*.



#### 13.1 Determinazione delle categorie del sottosuolo

Il suolo su cui insiste l'opera oggetto d'intervento presenta una categoria di suolo pari a "A".

Le cui coordinate del sito in sistema di riferimento **ED50** sono:

- **Latitudine** 42.085241
- **Longitudine** 13.550225
- classe: II



	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 24 di 44

- Vita Nominale: 50 anni
- Periodo di riferimento: 75 anni

### 13.2 INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

## FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☒ Ricerca per coordinate

☐ Ricerca per comune

LONGITUDINE

LATITUDINE

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

**Elaborazioni grafiche**

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

**Elaborazioni numeriche**

Tabella parametri

**Nodi del reticolo intorno al sito**



**Reticolo di riferimento**



**Controllo sul reticolo**

☐ Sito esterno al reticolo

☐ Interpolazione su 3 nodi

☒ Interpolazione corretta



**Interpolazione**

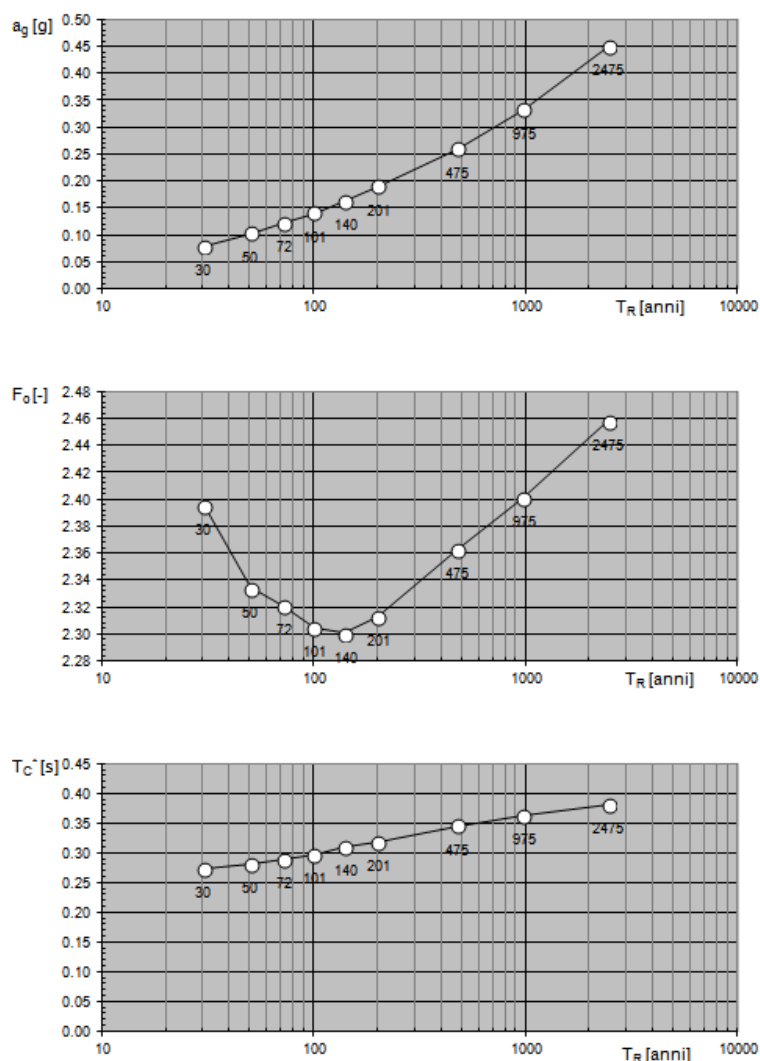
superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, a "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

FIGURA 10 COORDINATE DEL SITO E INDIVIDUAZIONE DEI PARAMETRI



	COMMITTENTE:	Comune di Celano				
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI				
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-				
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA:	25 di 44



**FIGURA 11** VALORI DEI PARAMETRI  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$ , PER I PERIODI DI RITORNO  $T_R$  DI RIFERIMENTO

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
30	0.078	2.396	0.273
50	0.103	2.334	0.281
72	0.121	2.321	0.290
101	0.141	2.305	0.297
140	0.162	2.300	0.310
201	0.189	2.312	0.318
475	0.259	2.363	0.346
975	0.332	2.401	0.363
2475	0.450	2.459	0.382

**FIGURA 12** VALORI DEI PARAMETRI  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$ , PER I PERIODI DI RITORNO  $T_R$  DI RIFERIMENTO

	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 26 di 44

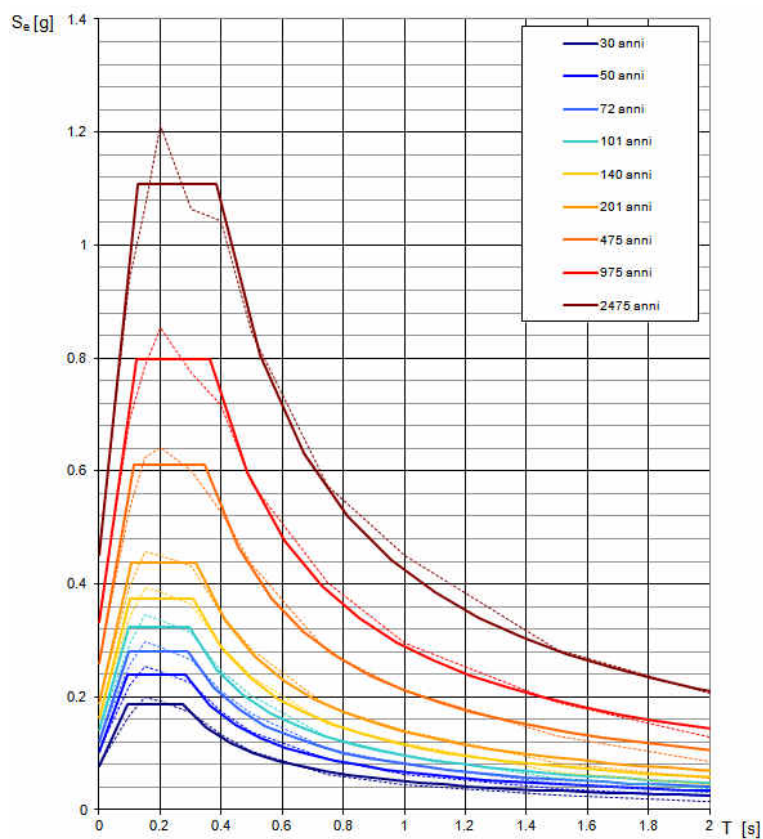




FIGURA 13 SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER I PERIODI DI RITORNO  $T_R$  DI RIFERIMENTO

	COMMITTENTE:	Comune di Celano				
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI				
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-				
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA:	27 di 44

### 13.3 SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTO

#### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	45
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	75
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	712
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	1462

**Elaborazioni**

- Grafici parametri azione ▶▶▶
- Grafici spettri di risposta ▶▶▶
- Tabella parametrizzazione ▶▶▶

**Strategia di progettazione**





**LEGENDA GRAFICO**

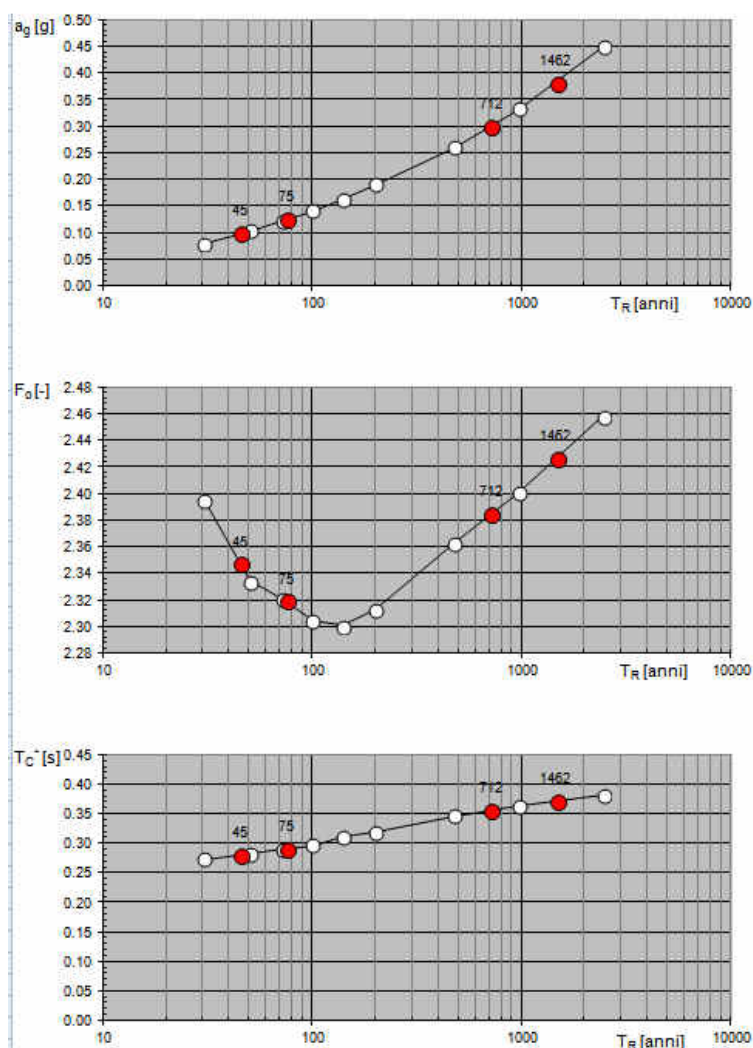
---□--- Strategia per costruzioni ordinarie

---■--- Strategia scelta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

FIGURA 14

	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 28 di 44





**FIGURA 15** VALORI DEI PARAMETRI  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c^*$ , PER I PERIODI DI RITORNO  $T_R$  DI RIFERIMENTO

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	45	0.097	2.346	0.280
SLD	75	0.124	2.319	0.290
SLV	712	0.298	2.384	0.356
SLC	1462	0.379	2.426	0.371

**FIGURA 16** VALORI DEI PARAMETRI  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c^*$ , PER I PERIODI DI RITORNO  $T_R$  ASSOCIATI A CIASCUN STATO LIMITE

di seguito si riportano gli spettri elastici per i diversi Stati Limite

	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA' SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 29 di 44

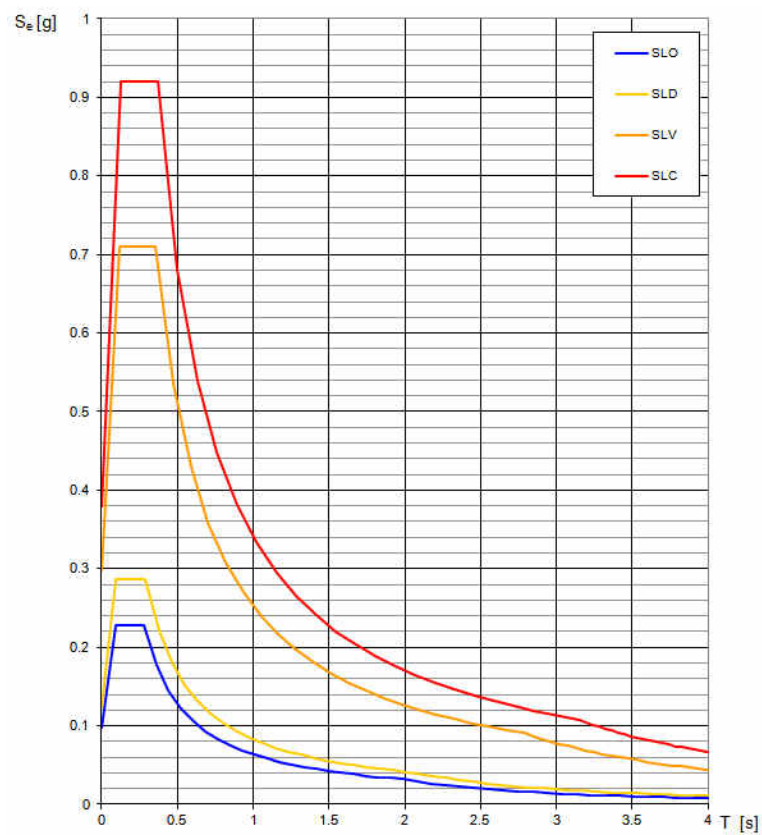




FIGURA 17 SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER I DIVERSI STATI LIMITE

	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 30 di 44

### 13.4 Valutazione azione sismica (p.to 3.2.3 D.m. 14-01-08)

Ai fini delle presenti norme l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due rotazionali contrassegnate da X ed Y ed una verticale da Z, da considerare tra di loro indipendenti.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto risposta sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categoria di sottosuolo di riferimento.

#### 13.4.1 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI (P.TO 3.2.3.2.1 D.M. 14-01-08)

Quale sia la probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, considerata, lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle espressioni seguenti:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

I cui parametri sono riportati nella D.M. 14.01.2008 e s.m.i.

#### 13.4.2 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI VERTICALI (P.TO 3.2.3.2.2 D.M. 14.01.08)



Lo spettro di risposta elastico in accelerazioni della componente verticale è definito dall'espressioni seguenti:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

I cui parametri sono riportati nella D.M. 14.01.2008 e s.m.i..

### 13.5 DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Qualora le verifiche agli stati limite ultimi non vengano effettuate tramite l'uso di opportuni accelerogrammi ed analisi dinamiche al passo, ai fini del progetto o della verifica delle strutture le capacità dissipative delle

	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 31 di 44

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 sovra resistenza, dell'incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazione. In tal caso, lo spettro di progetto  $S_d(T)$  da utilizzare, sia per le componenti orizzontali, sia per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR considerata (v. §§ 2.4 e 3.2.1), con le ordinate ridotte sostituendo nelle formule 3.2.4  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura definito nel capitolo 7. Si assumerà comunque  $S_d(T) \geq 0,2ag$ .

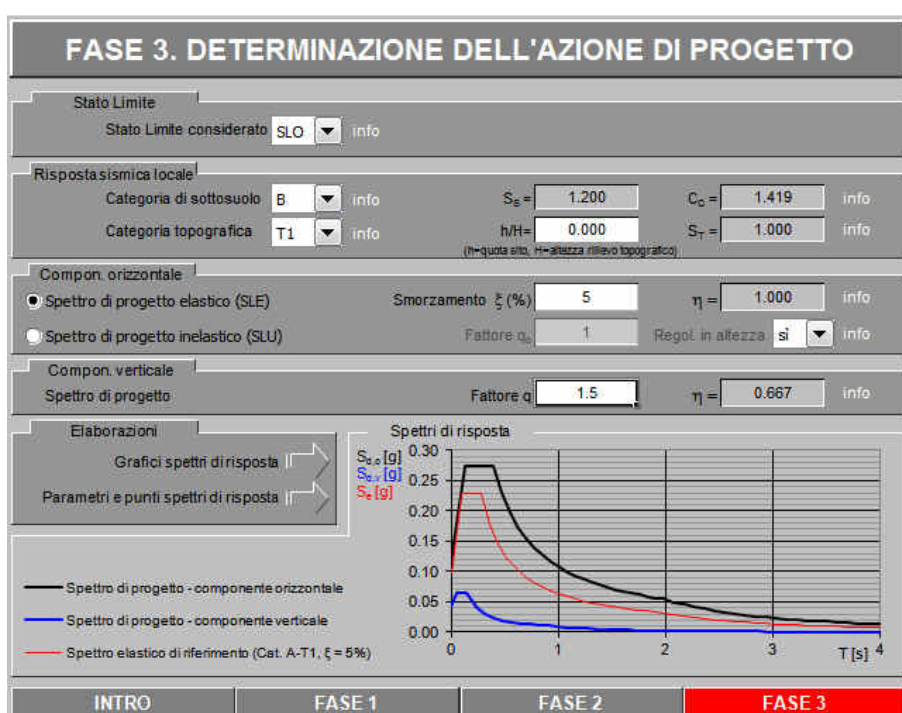




FIGURA 18 SLO



	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 32 di 44

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLO
$a_s$	0.097 g
$F_a$	2.346
$T_c^*$	0.280 s
$S_a$	1.200
$C_c$	1.419
$S_T$	1.000
$q$	1.000

#### Parametri dipendenti

$S$	1.200
$\eta$	1.000
$T_a$	0.132 s
$T_c$	0.397 s
$T_b$	1.989 s

#### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_b = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_c = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_b = 4,0 \cdot a_s / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

#### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_b \quad S_a(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left[ \frac{T}{T_b} + \frac{1}{\eta \cdot F_a} \left( 1 - \frac{T}{T_b} \right) \right]$$

$$T_b \leq T < T_c \quad S_a(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_a$$

$$T_c \leq T < T_b \quad S_a(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left( \frac{T_c}{T} \right)$$



$$T_b \leq T \quad S_a(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left( \frac{T_c T_b}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

#### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.117
$T_a \leftarrow$	0.132	0.274
$T_c \leftarrow$	0.397	0.274
	0.473	0.230
	0.549	0.198
	0.624	0.174
	0.700	0.155
	0.776	0.140
	0.852	0.128
	0.928	0.117
	1.003	0.108
	1.079	0.101
	1.155	0.094
	1.231	0.088
	1.307	0.083
	1.383	0.079
	1.458	0.075
	1.534	0.071
	1.610	0.068
	1.686	0.064
	1.762	0.062
	1.838	0.059
	1.913	0.057
$T_b \leftarrow$	1.989	0.055
	2.085	0.050
	2.181	0.045
	2.276	0.042
	2.372	0.038
	2.468	0.036
	2.564	0.033
	2.659	0.031
	2.755	0.028
	2.851	0.027
	2.947	0.025
	3.042	0.023
	3.138	0.022
	3.234	0.021
	3.330	0.020
	3.425	0.018
	3.521	0.017
	3.617	0.017
	3.713	0.016
	3.808	0.015
	3.904	0.014
	4.000	0.014

FIGURA 19 SPETTRO DI PROGETTO DI RISPOSTA PER COMPONENTE ORIZZONTALE SLO

	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 33 di 44

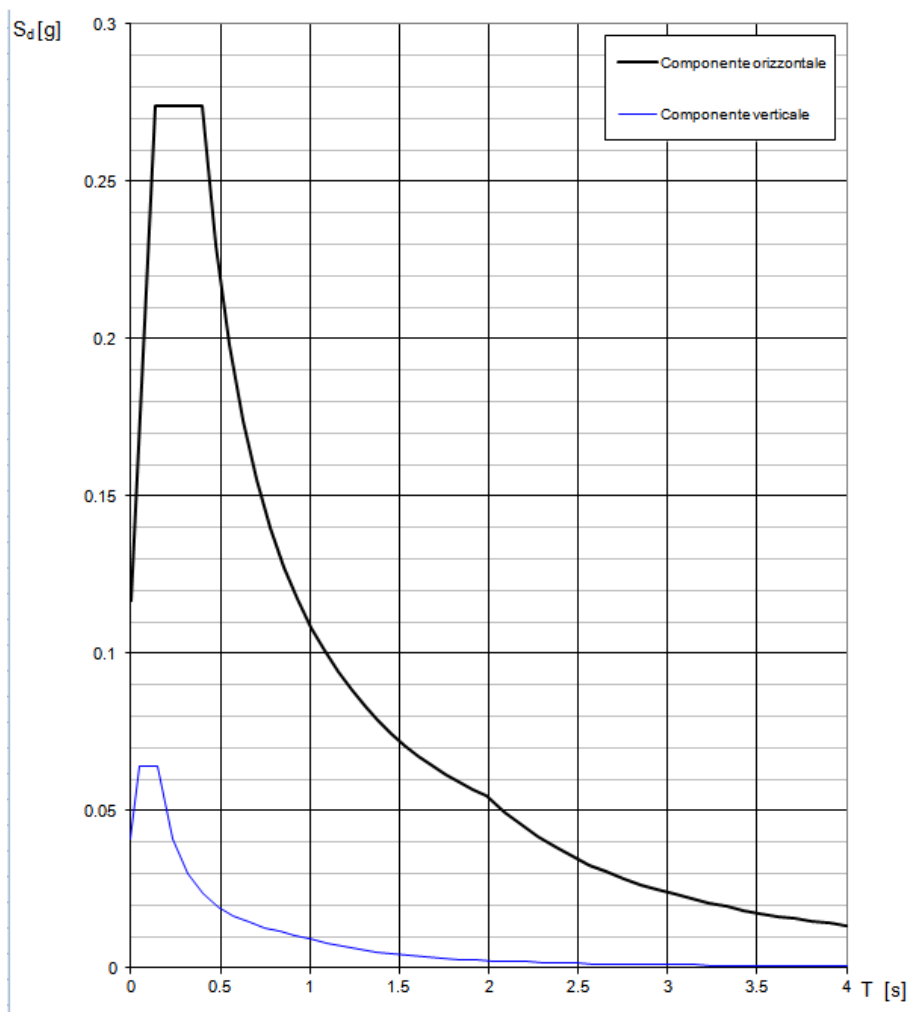




FIGURA 20 DIAGRAMMA DELLO SPETTRO DI PROGETTO ALLO SLO

	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 34 di 44

### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato: **SLD** info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo: **B** info  $S_B = 1.200$   $C_c = 1.409$  info

Categoria topografica: **T1** info  $h/H = 0.000$   $S_T = 1.000$  info  
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

☒ Spettro di progetto elastico (SLE)  $\xi = 5$   $\eta = 1.000$  info

☐ Spettro di progetto inelastico (SLU)  $\eta = 1$  info

Compon. verticale

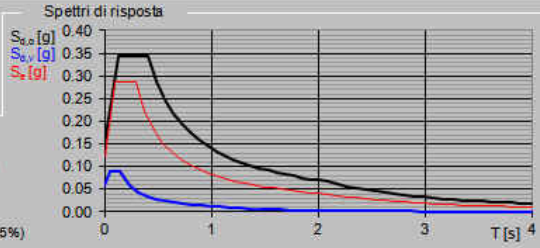
Spettro di progetto  $\eta = 0.667$  info

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta info

Parametri e punti spettri di risposta info

Spettri di risposta





— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

FIGURA 21 SLD

	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 35 di 44

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
$a_g$	0.124 g
$F_a$	2.319
$T_c$	0.290 s
$S_a$	1.200
$C_c$	1.409
$S_T$	1.000
$q$	1.000

#### Parametri dipendenti

$S$	1.200
$\eta$	1.000
$T_a$	0.136 s
$T_c$	0.409 s
$T_b$	2.095 s

#### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_a \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_b = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_c = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_b = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

#### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_b \quad S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left[ \frac{T}{T_b} + \frac{1}{\eta \cdot F_a} \left( 1 - \frac{T}{T_b} \right) \right]$$

$$T_b \leq T < T_c \quad S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a$$

$$T_c \leq T < T_b \quad S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left( \frac{T_c}{T} \right)$$



$$T_b \leq T \quad S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left( \frac{T_c T_b}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

#### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.148
$T_a \leftarrow$	0.136	0.344
$T_c \leftarrow$	0.409	0.344
	0.489	0.288
	0.570	0.247
	0.650	0.217
	0.730	0.193
	0.810	0.174
	0.891	0.158
	0.971	0.145
	1.051	0.134
	1.132	0.124
	1.212	0.116
	1.292	0.109
	1.372	0.103
	1.453	0.097
	1.533	0.092
	1.613	0.087
	1.693	0.083
	1.774	0.079
	1.854	0.076
	1.934	0.073
	2.014	0.070
$T_b \leftarrow$	2.095	0.067
	2.185	0.062
	2.276	0.057
	2.367	0.053
	2.458	0.049
	2.548	0.045
	2.639	0.042
	2.730	0.040
	2.821	0.037
	2.911	0.035
	3.002	0.033
	3.093	0.031
	3.183	0.029
	3.274	0.028
	3.365	0.026
	3.456	0.025
	3.546	0.023
	3.637	0.022
	3.728	0.021
	3.819	0.020
	3.909	0.019
	4.000	0.018

FIGURA 22 SPETTRO DI PROGETTO DI RISPOSTA PER COMPONENTE ORIZZONTALE SLD

	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA' SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 36 di 44

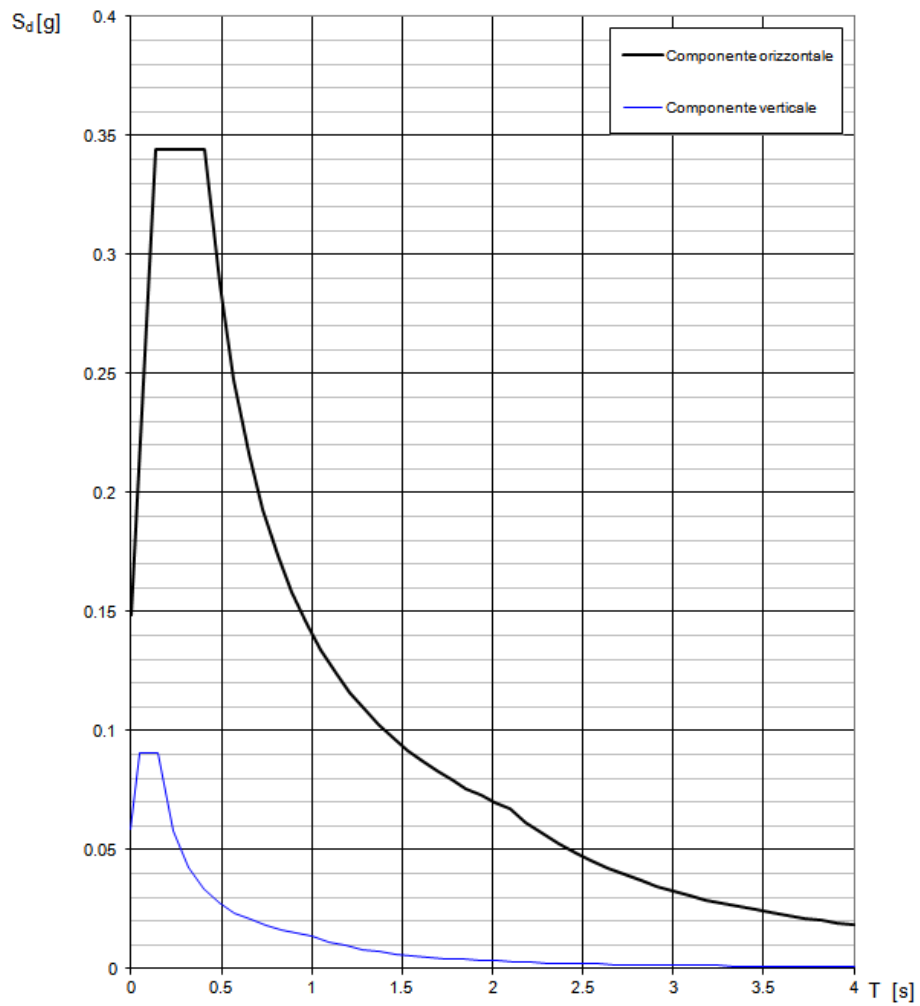




FIGURA 23 DIAGRAMMA DELLO SPETTRO DI PROGETTO ALLO SLD

	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 37 di 44

### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato: **SLV** info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo: **B** info  $S_B = 1.116$   $C_S = 1.353$  info

Categoria topografica: **T1** info  $h/H = 0.000$   $S_T = 1.000$  info  
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

☒ Spettro di progetto elastico (SLE) ☐ Spettro di progetto inelastico (SLU)

Smorzamento  $\xi$  (%): **5**  $\eta = 1.000$  info

Fattore  $q_0$ : **1** Regol. in altezza: **si** info

Compon. verticale

Spettro di progetto

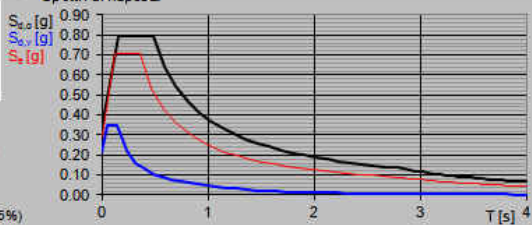
Fattore  $q$ : **1.5**  $\eta = 0.667$  info

Elaborazioni:

Grafici spettri di risposta info

Parametri e punti spettri di risposta info

Spettri di risposta



— Spettro di progetto - componente orizzontale  
— Spettro di progetto - componente verticale  
— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )



INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

FIGURA 24 SLV

	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 38 di 44

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_s$	0.298 g
$F_o$	2.384
$T_c$	0.356 s
$S_s$	1.116
$C_c$	1.353
$S_T$	1.000
$q$	1.000

#### Parametri dipendenti

$S$	1.116
$\eta$	1.000
$T_B$	0.160 s
$T_C$	0.481 s
$T_D$	2.791 s

#### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c' \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_s / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

#### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_s(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_s(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_s(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$



$$T_D \leq T \quad S_s(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

#### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.332
$T_B \leftarrow$	0.160	0.792
$T_C \leftarrow$	0.481	0.792
	0.591	0.645
	0.701	0.544
	0.811	0.470
	0.921	0.414
	1.031	0.370
	1.141	0.334
	1.251	0.305
	1.361	0.280
	1.471	0.259
	1.581	0.241
	1.691	0.225
	1.801	0.212
	1.911	0.199
	2.021	0.189
	2.131	0.179
	2.241	0.170
	2.351	0.162
	2.461	0.155
	2.571	0.148
	2.681	0.142
$T_D \leftarrow$	2.791	0.137
	2.849	0.131
	2.906	0.126
	2.964	0.121
	3.021	0.116
	3.079	0.112
	3.136	0.108
	3.194	0.104
	3.252	0.101
	3.309	0.097
	3.367	0.094
	3.424	0.091
	3.482	0.088
	3.539	0.085
	3.597	0.082
	3.655	0.080
	3.712	0.077
	3.770	0.075
	3.827	0.073
	3.885	0.070
	3.942	0.068
	4.000	0.066

FIGURA 25 SPETTRO DI PROGETTO DI RISPOSTA PER COMPONENTE ORIZZONTALE SLV

	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA' SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 39 di 44

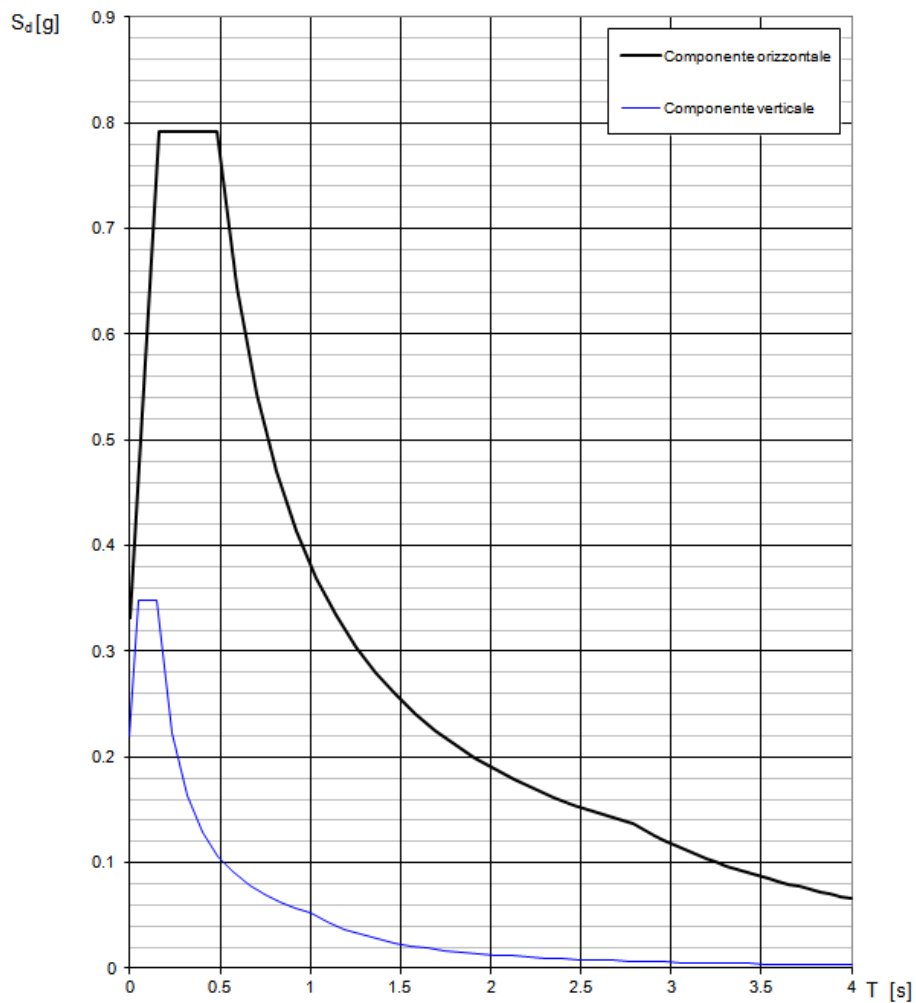




FIGURA 26 DIAGRAMMA DELLO SPETTRO DI PROGETTO ALLO SLV



	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 40 di 44

## 14 MODELLAZIONE DI CALCOLO E METODO DI ANALISI

### 14.1 ANALISI DINAMICA LINEARE CON SPETTRO DI PROGETTO (P.TO 7.3.3.2)

L'analisi dinamica lineare consiste:

- nella determinazione dei modi di vibrare della costruzione (analisi modale),
- nel calcolo degli effetti dell'azione sismica, rappresentata dallo spettro di risposta di progetto,
- per ciascuno dei modi di vibrare individuati,
- nella combinazione di questi effetti.

Devono essere considerati tutti i modi con massa partecipante significativa. È opportuno a tal riguardo considerare tutti i modi con massa partecipante superiore al 5% e comunque un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore all'85%. Per la combinazione degli effetti relativi ai singoli modi deve essere utilizzata una combinazione quadratica completa degli effetti relativi a ciascun modo, quale quella indicata nell'espressione:

$$E = \left( \sum_j \sum_i \rho_{ij} \cdot E_i \cdot E_j \right)^{1/2}$$

con:

- $E_j$  valore dell'effetto relativo al modo  $j$ ;
- $\rho_{ij}$  coefficiente di correlazione tra il modo  $i$  e il modo  $j$ , calcolato con formule di comprovata validità quale:

$$\rho_{ij} = \frac{8\xi^2\beta_{ij}^{3/2}}{(1+\beta_{ij})[(1-\beta_{ij})^2 + 4\xi^2\beta_{ij}]}$$



- $\xi$  smorzamento viscoso dei modi  $i$  e  $j$ ;
- $\beta_{ij}$  è il rapporto tra l'inverso dei periodi di ciascuna coppia  $i$ - $j$  di modi ( $\beta_{ij} = T_j/T_i$ ).

Per gli edifici, gli effetti dell'eccentricità accidentale del centro di massa possono essere determinati mediante l'applicazione di carichi statici costituiti da momenti torcenti di valore pari alla risultante orizzontale della forza agente al piano, determinata come in § 7.3.3.2, moltiplicata per l'eccentricità accidentale del baricentro delle masse rispetto alla sua posizione di calcolo, determinata come in § 7.2.6. In alternativa, nel caso in cui la struttura sia non dissipativa, si può effettuare un'analisi con integrazione al passo, modellando l'azione sismica attraverso accelerogrammi, tenendo conto dell'eccentricità accidentale nel modo indicato al § 7.2.6.

## 15 ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO AUTOMATICO

### 15.1 ORIGINE DEI CODICI UTILIZZATI



Il codice di calcolo utilizzato per la progettazione strutturale delle strutture è: 3DMacro:

	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 41 di 44

Produttore	Gruppo Sismica s.r.l. Viale A. Doria 27, 95125 Catania Tel/Fax: 095-504749 info@grupposismica.it
Distributore	OmniaTest s.r.l. Via Nina da Messina 18, 98121 Messina Tel: 090-346309 info@omniatest.it
Versione	3.1(T2) 27-lug-16 step 01
Titolare licenza	Ing_Gianluca_Iacono_01
Numero di licenza	000653
Documento di validazione scientifica	Scaricabile dal sito <a href="http://www.3dmacro.it">www.3dmacro.it</a>

## 15.2 AFFIDABILITÀ DEI CODICI UTILIZZATI

Viene, a tal scopo, utilizzata una metodologia di calcolo basata su analisi statiche non-lineari (*analisi push-over*) condotte sul modello globale dell'edificio in cui gli elementi strutturali vengono modellati in accordo alle più avanzate metodologie di analisi non-lineare. In particolare le pareti portanti in muratura vengono modellate mediante un approccio per macro-elementi e l'utilizzo di un modello teorico innovativo. Per i dettagli si rimanda al cap. 6 “*Criteri di Modellazione*” e al “*Documento di Validazione*” scaricabile dal sito [www.3dmacro.it](http://www.3dmacro.it).

	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 42 di 44

## 16 PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

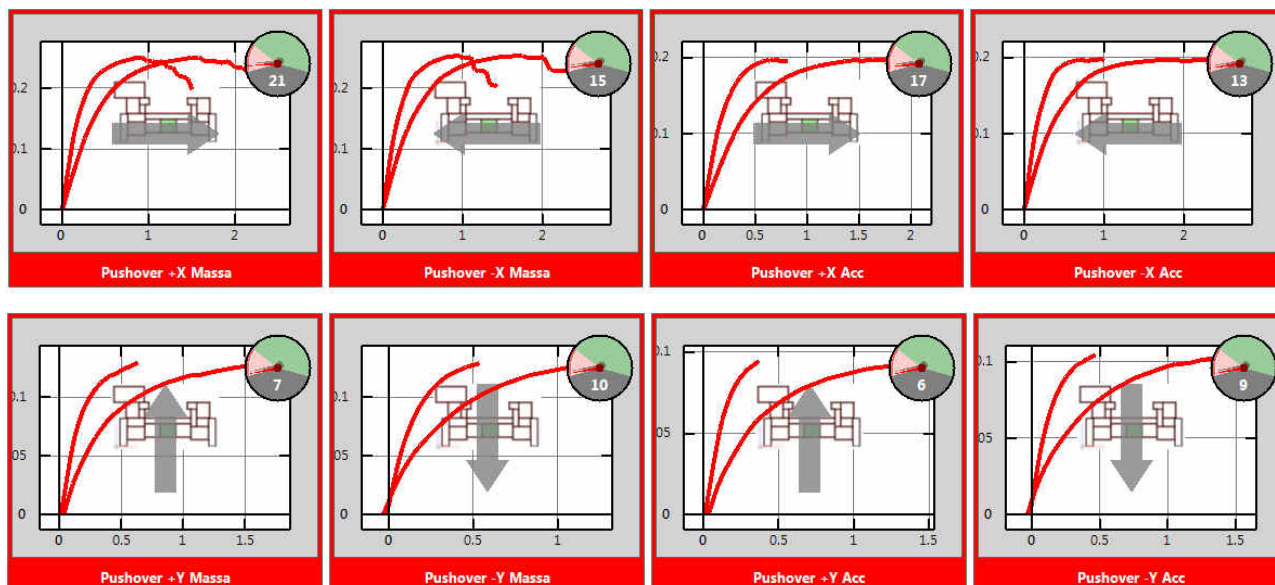
I risultati costituiscono una sintesi completa ed efficace, presentata in modo da riassumere il comportamento della struttura, per ogni tipo di analisi svolta.



I valori numerici di ogni elaborazione, preceduta dall'indicazione della convenzione sui segni e delle unità di misura, vanno sintetizzati mediante disegni, schemi grafici rappresentativi almeno delle parti più sollecitate della struttura, delle configurazioni delle deformate, la rappresentazione grafica delle principali caratteristiche di sollecitazione, delle componenti degli sforzi, nonché dei diagrammi di involucro associati alle combinazioni di carichi considerate, degli schemi grafici con la rappresentazione delle azioni applicate e delle corrispondenti reazioni vincolari.

Al fine delle verifiche della misura della sicurezza, di tali grandezze e del comportamento complessivo della struttura, come rappresentato, vanno chiaramente evidenziati i valori numerici necessari nei punti e nelle sezioni significative della struttura stessa.

## 17 VERIFICA DI VULNERABILITÀ SISMICA CORPO A

Dalle analisi condotte si nota che l'organismo strutturale presenta un comportamento migliore nella direzione X anche se al di sotto del limite di sicurezza



	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 43 di 44

Evento	Accelerazione al suolo (PGA)	Tempo di ritorno (Tr)	Indicatori di Rischio SLO	Indicatori di Rischio SLD	Indicatori di Rischio SLV	Indicatori di Rischio SLC
Rottura a taglio in un'asta	non rilevata					
Rotazione di snervamento in un'asta	0.0782 g	30 anni	0.803	0.631	0.262	0.206
3/4 della rotazione ultima in un'asta	0.102 g	48 anni	1.042	0.820	0.341	0.268
Rottura a flessione in un'asta	0.0956 g	43 anni	0.981	0.772	0.321	0.252
Crisi per ribaltamento fuori piano (SLE)	non verificata					
Crisi per ribaltamento fuori piano (SLU)	non verificata					
Verifica globale in termini di forza	0.0922 g	40.7509 anni	--	--	0.309	--
- Direzione X	0.214 g	281.495 anni	--	--	0.718	--
- Direzione Y	0.0922 g	40.7509 anni	--	--	0.309	--
Analisi globale della vulnerabilità sismica (SLO)	0.0782 g	30 anni	0.803	--	--	--
- Direzione X	0.0782 g	30 anni	0.803	--	--	--
- Direzione Y	0.0782 g	30 anni	0.803	--	--	--
Analisi globale della vulnerabilità sismica (SLD)	0.0782 g	30 anni	--	0.631	--	--
- Direzione X	0.0782 g	30 anni	--	0.631	--	--
- Direzione Y	0.0782 g	30 anni	--	0.631	--	--
Analisi globale della vulnerabilità sismica (SLV)	0.0956 g	43.6109 anni	--	--	0.321	--
- Direzione X	0.197 g	222.918 anni	--	--	0.659	--
- Direzione Y	0.0956 g	43.6109 anni	--	--	0.321	--

FIGURA 27 INDICATORI DI RISCHIO IN TERMINI DI PGA CORPO A

Evento	Accelerazione al suolo (PGA)	Tempo di ritorno (Tr)	Indicatori di Rischio SLO	Indicatori di Rischio SLD	Indicatori di Rischio SLV	Indicatori di Rischio SLC
Rottura a taglio in un'asta	non rilevata					
Rotazione di snervamento in un'asta	0.0782 g	30 anni	0.845	0.684	0.272	0.202
3/4 della rotazione ultima in un'asta	0.102 g	48 anni	1.032	0.836	0.332	0.247
Rottura a flessione in un'asta	0.0956 g	43 anni	0.986	0.798	0.317	0.236
Crisi per ribaltamento fuori piano (SLE)	non verificata					
Crisi per ribaltamento fuori piano (SLU)	non verificata					
Verifica globale in termini di forza	0.0922 g	40.7509 anni	--	--	0.308	--
- Direzione X	0.214 g	281.495 anni	--	--	0.683	--
- Direzione Y	0.0922 g	40.7509 anni	--	--	0.308	--
Analisi globale della vulnerabilità sismica (SLO)	0.0782 g	30 anni	0.845	--	--	--
- Direzione X	0.0782 g	30 anni	0.845	--	--	--
- Direzione Y	0.0782 g	30 anni	0.845	--	--	--
Analisi globale della vulnerabilità sismica (SLD)	0.0782 g	30 anni	--	0.684	--	--
- Direzione X	0.0782 g	30 anni	--	0.684	--	--
- Direzione Y	0.0782 g	30 anni	--	0.684	--	--
Analisi globale della vulnerabilità sismica (SLV)	0.0956 g	43.6109 anni	--	--	0.317	--
- Direzione X	0.197 g	222.918 anni	--	--	0.620	--
- Direzione Y	0.0956 g	43.6109 anni	--	--	0.317	--


FIGURA 28 INDICATORI DI RISCHIO IN TERMINI DI TR CORPO A

Il valore di PGA per il sito in esame per lo SLV è pari a 0.298 g mentre il valore di PGA che scaturisce dalle verifiche di vulnerabilità sismica è pari a:

- Dir X 0.197 g;
- Dir Y 0.0956 g;

Con un indicatore di rischio sismico ( $PGA_{SLV}/PGA_{SLV}$ ) pari a:

- Dir X 0.062;
- Dir Y 0.317;

	COMMITTENTE:	Comune di Celano			
	PROGETTO:	VERIFICA DI VULNERABILITA SISMICA DELL'EDIFICIO SCOLASTICO E, FERMI			
	LOCALITA':	Via Santilli CELANO -AQ-			
COMMESSA:	DOCUMENTO	TAV S01	RELAZIONE DI CALCOLO	REV. 02	PAGINA: 44 di 44

## 18 CONSIDERAZIONI FINALI

In questa fase è stata studiata la Vulnerabilità sismica solo del **corpo A** in quanto non è stata oggetto di interventi che ne favoriscono il miglioramento sismico

Dall'analisi della struttura nel suo complesso di nota che la parte più vulnerabile dal punto di vista sismico è rappresentata dalla direzione Y il cui coefficiente di vulnerabilità allo SLV è pari a 0.321.

Il livello di sicurezza della struttura è pari a **0.321**.

Inoltre una attenzione si maggiore riguarda gli elementi orizzontali del piano primo, il quale è stato realizzato con un controsoffitto composto da putrelle in acciaio e laterizi, che a causa della mancanza di una caldana superiore rende il sistema molto vulnerabile dal punto di visto sismico.