

DOTT. GEOL. SERGIO SOLERI

Via C. Carrà, 45 – 87036 Rende (CS) -- tel. 392 3508574 – e-mail: sergiosol@libero.it



COMUNE DI CASTROLIBERO

Municipio: Via XX settembre 87040 Castrolibero (CS)

PROGETTO

Completamento e messa a norma del Campo di Calcio a 5
in Località Centro Storico

RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA

PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato n°: 21

Relazione sulla modellazione sismica

Visti e Pareri:

Committente:

Amministrazione Comunale di
Castrolibero

Il Geologo:

Dott. Geol. Sergio Soleri

INDICE

1 - Premessa	3
2 - Ubicazione area di intervento	3
3 - Normativa sismica e storia sismica dell'area in studio	4
4 - Aspetti sismotettonici.....	9
5 – Parametri sismici e spettri di risposta	12
6 . MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO	29

1 - Premessa

Il sottoscritto Dott. Geol. Sergio Soleri, iscritto all'albo dei geologi della Calabria con n°547, ha redatto la presente **relazione "modellazione sismica"** su incarico dell'Amministrazione Comunale di Castrolibero con lo scopo di definire il modello sismostratigrafico del sito che ospiterà la struttura oggetto dell'intervento **"Completamento e messa a norma del Campo di Calcio a 5 in località Centro Storico – Comune di Castrolibero (CS)"**.

A corredo della presente relazione è stata eseguita una prospezione sismica MASW, (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva), atta alla definizione dei principali caratteri elastico-dinamici dei terreni presenti nell'area investigata, con lo scopo di definire un profilo verticale delle onde di taglio (Vs).

2 - Ubicazione area di intervento

Il sito è ubicato a Nord del Centro Storico di Castrolibero, alle seguenti coordinate (WGS 84):

- latitudine: 39.309714°
- longitudine: 16.193717°

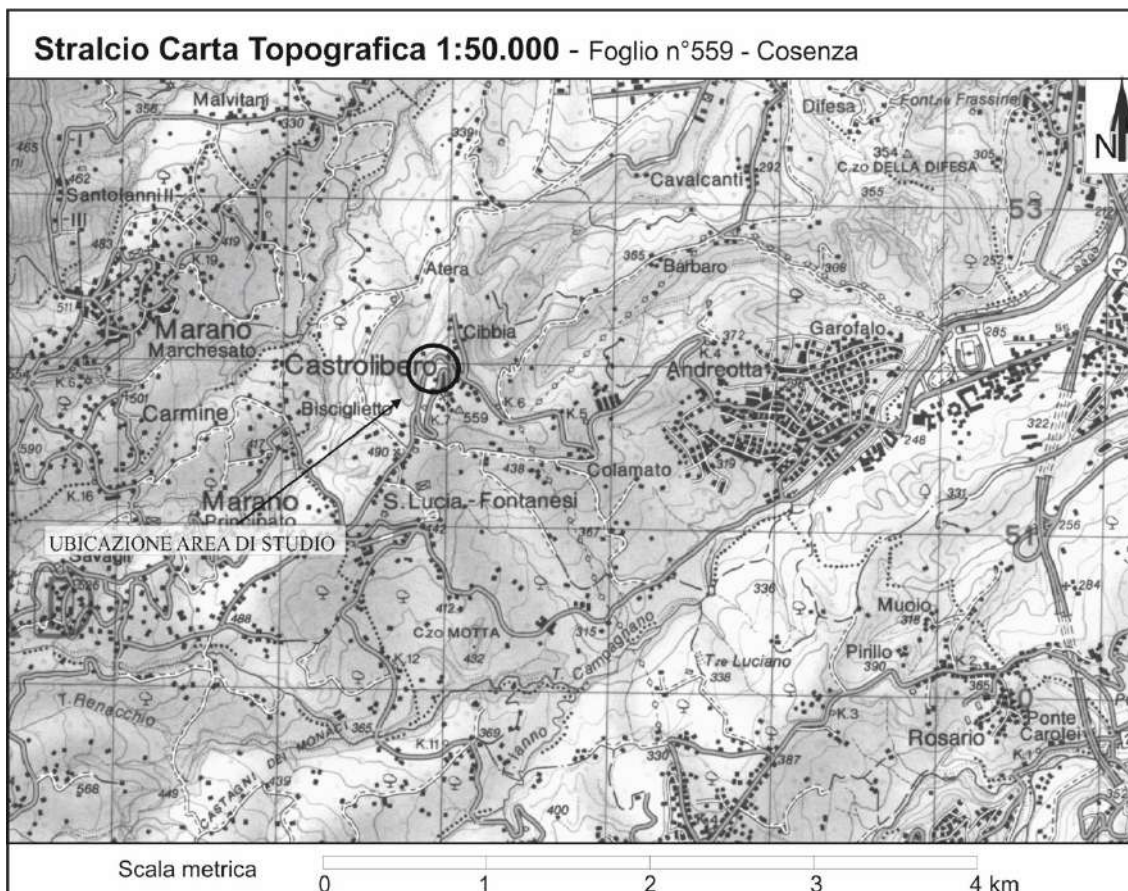


Fig. 1: Carta ubicazione area di studio

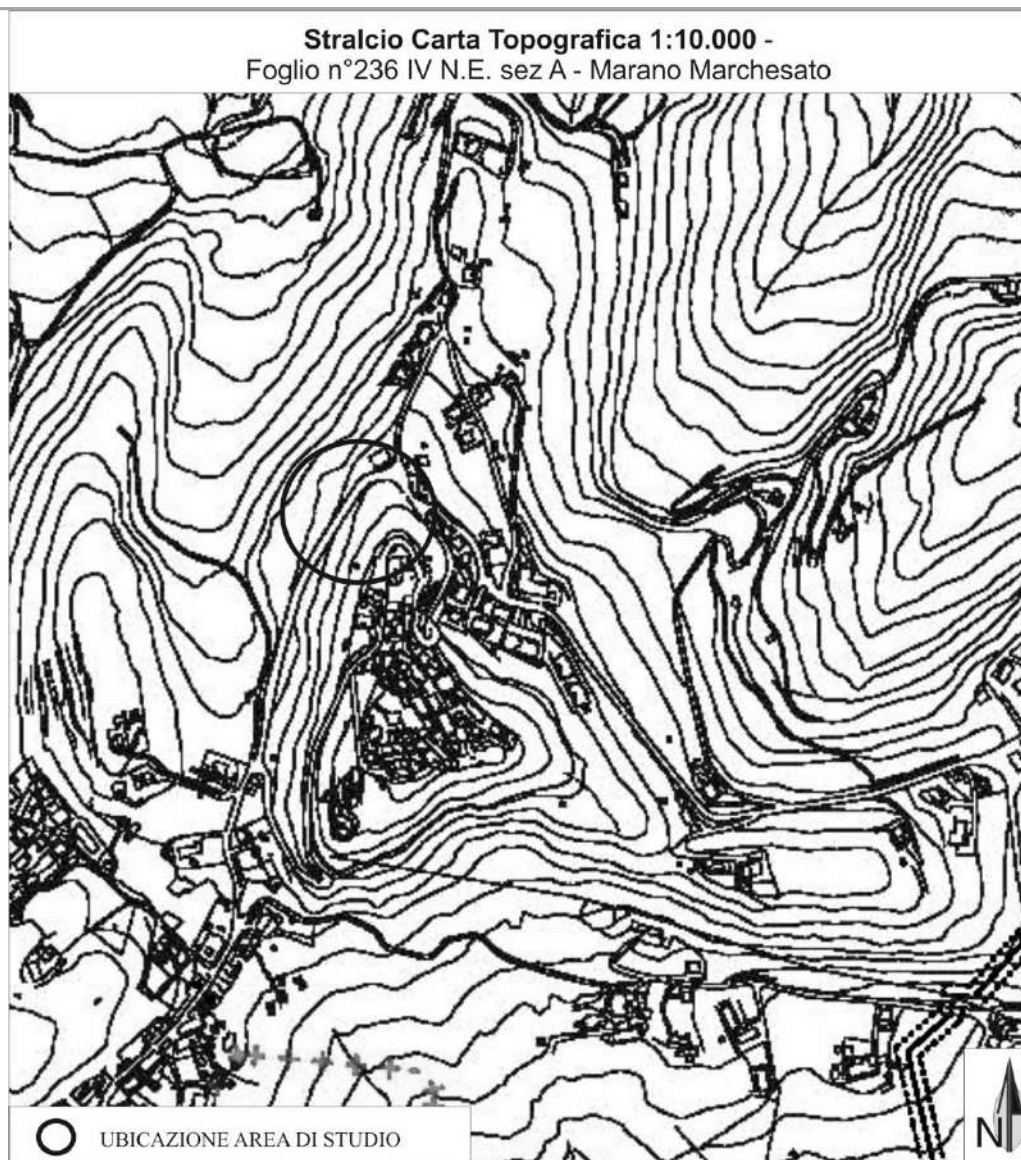


Fig. 2: Carta ubicazione area di studio in scala 1:10.000 mod.

3 - Normativa sismica e storia sismica dell'area in studio

Per ridurre gli effetti del terremoto, l'azione dello Stato si è concentrata sulla classificazione del territorio in base all'intensità e frequenza dei terremoti del passato e sull'applicazione di speciali norme per le costruzioni nelle zone classificate sismiche.

Nel 2003 sono stati emanati i criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati su studi ed elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo. A tal fine è stata pubblicata l'Ordinanza del

Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, sulla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003. Tale ordinanza ha avviato in Italia un processo per la stima della pericolosità sismica attraverso dati, metodi ed approcci aggiornati. Tali studi hanno raggiunto l'obiettivo di aggiornare l'assegnazione dei comuni alle zone sismiche attraverso la Mappa di Pericolosità Sismica 2004 (MPS04) che descrive la pericolosità sismica attraverso il parametro dell'accelerazione massima attesa con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni su suolo rigido e pianeggiante (Fig. 3).

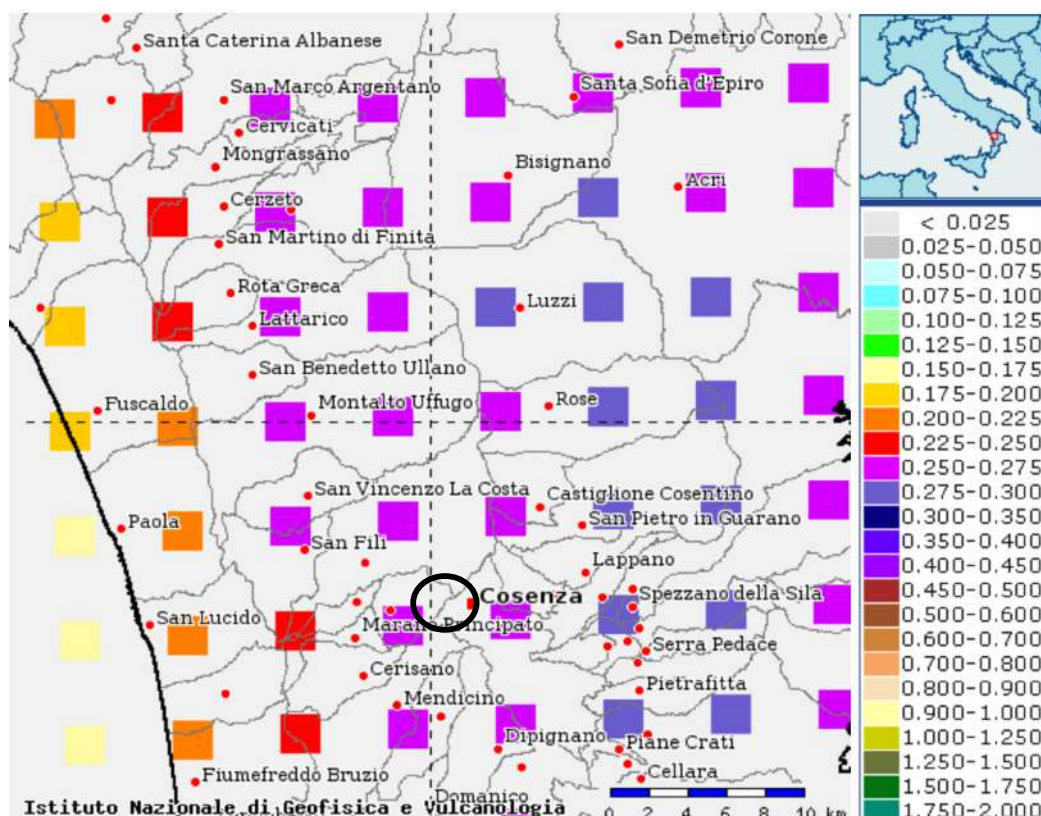


Fig. 3: Mappa di Pericolosità Sismica 2004 (MPS04), descrive la pericolosità sismica attraverso il parametro dell'accelerazione massima attesa con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni su suolo rigido e pianeggiante (Categoria A).

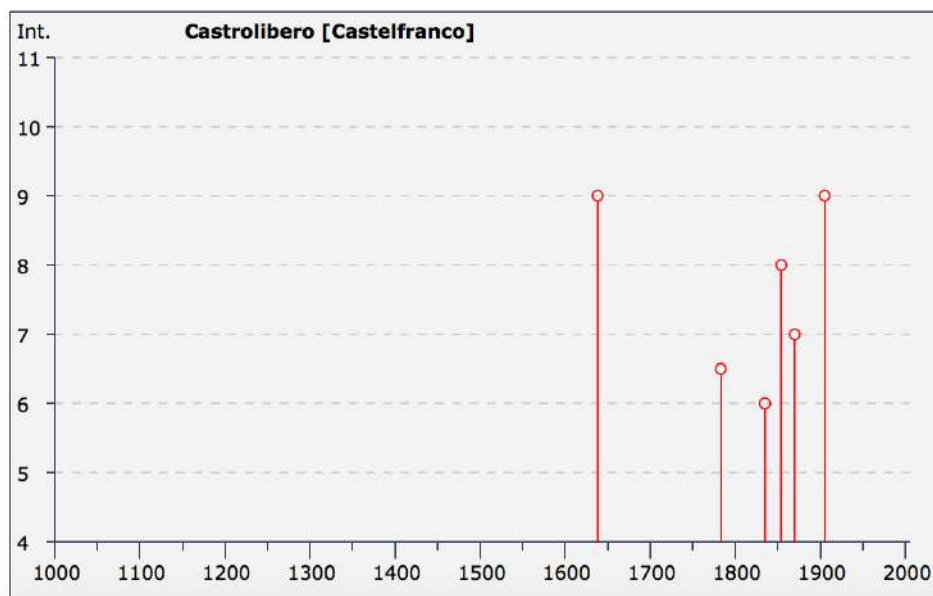
Dal 1 luglio 2009 con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

Attraverso la banca dati dell'Istituto Nazionale di Geofisica (Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15) sono stati ottenuti i dati relativi alla sismicità storica del Comune di Castrolibero. Di seguito, Nella tabella 1 e successivo grafico, viene riportato l'elenco dei terremoti di forte intensità che hanno interessato la Calabria Settentrionale fino all'anno 2015. In particolare sono stati evidenziati i terremoti con soglie di ingresso a intensità massima 5 o magnitudo 4.0.

TABELLA 1 - Storia sismica di Castrolibero

Numero di eventi: 7

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw	
9	1638 03 27 15:05	Calabria	213	11 7.03 ± 0.12	
6-7	1783 03 28 18:55	Calabria	323	11 6.98 ± 0.08	
6	1835 10 12 22:35	Cosentino	36	9 5.83 ± 0.32	
8	1854 02 12 17:50	Cosentino	89	10 6.21 ± 0.16	
7	1870 10 04 16:55	Cosentino	56	9-10 6.10 ± 0.19	
9	1905 09 08 01:43	Calabria meridionale	895	7.04 ± 0.16	
NF	1947 05 11 06:32	Calabria centrale	254	8 5.70 ± 0.13	



Località vicine (within 10km)				
Località	Stato	NMO	Distanza	
Carolei	IT	8	6km	
Castiglione Cosentino	IT	16	9km	
Cerisano	IT	11	4km	
Cosenza	IT	40	5km	
Dipignano	IT	14	9km	
Falconara Albanese	IT	8	10km	
Laurignano	IT	3	5km	
Marano Marchesato	IT	10	2km	
Marano Principato	IT	5	2km	
Mendicino	IT	9	5km	
Motta	IT	5	8km	
Rende	IT	15	3km	
Rovella	IT	7	8km	
San Benedetto	IT	6	10km	
San Fili	IT	7	6km	
San Sisto dei Valdesi	IT	4	9km	
San Vincenzo la Costa	IT	4	7km	
Sant'Ippolito	IT	4	10km	
Tessano	IT	4	7km	
Zumpano	IT	13	8km	

Di seguito viene riportato il nuovo database delle faglie capaci e sismogenetiche (Fig. 4) - Calabria settentrionale - stralcio della carta delle faglie sismogenetiche per terremoti superiori a magnitudo 5.5. (Progetto ITHACA).

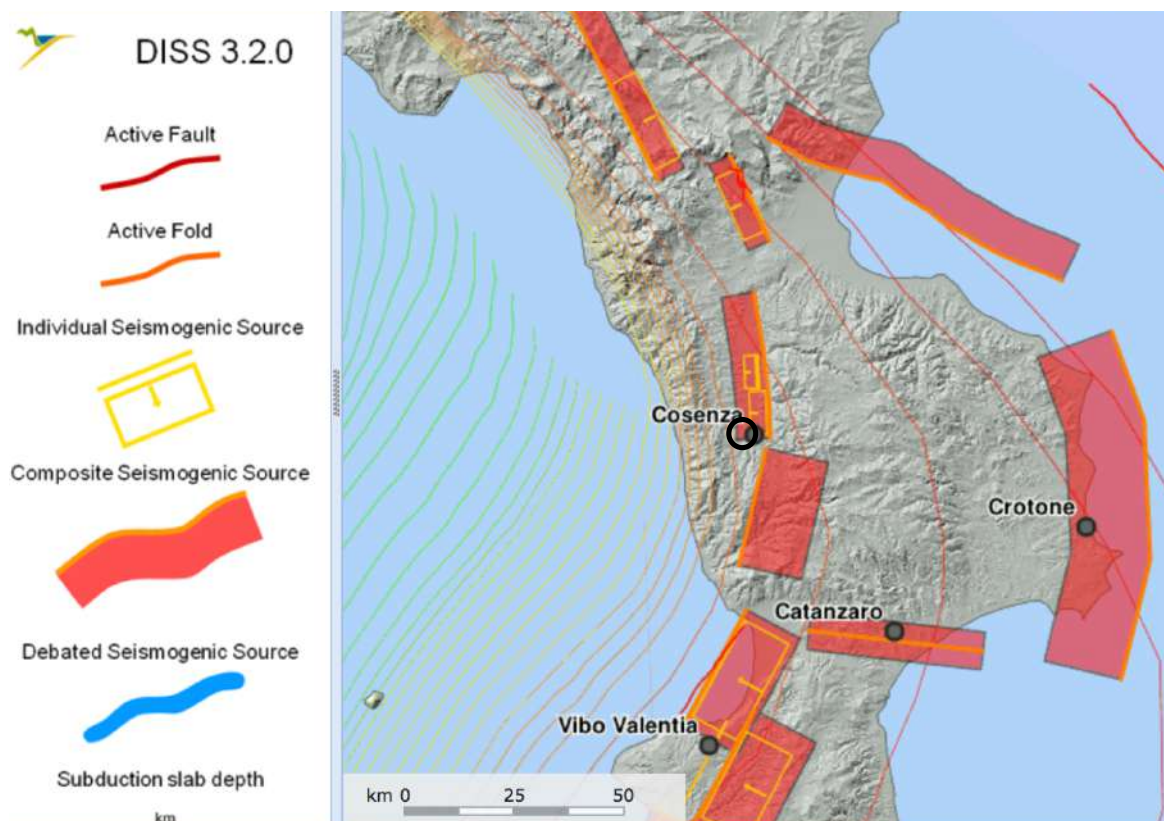


Fig. 4: Stralcio della carta delle faglie sismogenetiche per terremoti superiori a magnitudo 5.5. (Progetto ITHACA)

Le sollecitazioni agenti sulle strutture di fondazione sottoposte ad azioni dinamiche sono difficilmente determinabili direttamente dalle caratteristiche sismologiche di un terremoto; in quanto il comportamento di una fondazione soggetta a scuotimento tellurico dipende dalle caratteristiche dell'azione sismica, dalle proprietà dinamiche della sovrastante struttura e dal modo come esse interagiscono.

In particolare l'azione sismica di un generico sito sulla superficie terrestre è fortemente influenzata, oltre che dalla posizione relativa tra la sorgente tellurica e il sito stesso, anche dalle condizioni locali del terreno sottostante, come le proprietà morfologiche, litologiche, stratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni attraversati dalle onde sismiche durante il percorso di propagazione. Le condizioni locali di un terreno definiscono, in particolare, la sua suscettibilità a fenomeni di amplificazione dinamica locale. Per l'analisi dell'amplificazione locale è necessario valutare il costipamento dinamico dei terreni prevalentemente sabbiosi non interessati da falda o parzialmente saturi, la generazione e dissipazione di sovrappressioni neutre nei terreni granulari e/o coesivi, la degradazione dei parametri elastici iniziali del terreno e la liquefazione dinamica dei terreni granulari. Le oscillazioni cicliche indotte dalla propagazione delle onde sismiche attraverso il terreno hanno infatti l'effetto di modificarne le

caratteristiche. Queste modifiche possono riguardare aspetti tra loro molto diversi, ed essere all'origine di pericolose conseguenze per le strutture coinvolte.

4 - Aspetti sismotettonici

Le sollecitazioni agenti sulle strutture di fondazione sottoposte ad azioni dinamiche sono difficilmente determinabili direttamente dalle caratteristiche sismologiche di un terremoto; in quanto il comportamento di una fondazione soggetta a scuotimento tellurico dipende dalle caratteristiche dell'azione sismica, dalle proprietà dinamiche della sovrastante struttura e dal modo come esse interagiscono. In particolare l'azione sismica di un generico sito sulla superficie terrestre è fortemente influenzata, oltre che dalla posizione relativa tra la sorgente tellurica e il sito stesso, anche dalle condizioni locali del terreno sottostante, come le proprietà morfologiche, litologiche, stratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni attraversati dalle onde sismiche durante il percorso di propagazione. Le condizioni locali di un terreno definiscono, in particolare, la sua suscettibilità a fenomeni di amplificazione dinamica locale.

Per l'analisi dell'**amplificazione locale** è necessario valutare il costipamento dinamico dei terreni prevalentemente sabbiosi non interessati da falda o parzialmente saturi, la generazione e dissipazione di sovrappressioni neutre nei terreni granulari e/o coesivi, la degradazione dei parametri elastici iniziali del terreno e la liquefazione dinamica dei terreni granulari. Le oscillazioni cicliche indotte dalla propagazione delle onde sismiche attraverso il terreno hanno infatti l'effetto di modificarne le caratteristiche. Queste modifiche possono riguardare aspetti tra loro molto diversi, ed essere all'origine di pericolose conseguenze per le strutture coinvolte. In particolare queste alterazioni possono interessare variazioni della capacità portante e della deformabilità, dar luogo a incrementi di spinta sulle opere di sostegno, ovvero causare veri e propri fenomeni di instabilità particolarmente pericolosi nei terreni suscettibili di liquefazione o posti in pendio.

La classificazione sismica del territorio nazionale ha introdotto normative tecniche specifiche per le costruzioni di edifici, ponti ed altre opere in aree geografiche caratterizzate dal medesimo rischio sismico. Il territorio di Castrolibero (CS) ricade in zona sismica 1 (pericolosità sismica alta), come indicato nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Calabria n. 47 del 10.02.2004.

<i>Zona sismica</i>	<i>Fenomeni riscontrati</i>	<i>Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni</i>
1	Zona con pericolosità sismica alta . Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.	$a_g \geq 0,25g$

Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni - NTC2008 (14/01/2008), pubblicate sulla G.U. n.29 del 4/2/2008 introduce la determinazione dell'azione sismica puntualmente per ogni sito. L'azione sismica di riferimento per la progettazione (riportata nell'allegato A delle NTC2008) è stata definita sulla base delle

stime di pericolosità sismica per il territorio nazionale, secondo una griglia regolare di nodi (con passo di 5 km, per un totale di oltre 10000 nodi) per ognuno dei quali il "Progetto esse1" (Convenzione 2004-2006 tra l'INGV e il Dipartimento della Protezione Civile) ha calcolato oltre 2200 parametri che descrivono in maniera esaustiva la pericolosità sismica (picchi di accelerazione, accelerazioni spettrali, ecc...., tutti calcolati per diverse probabilità di accadimento in 50 anni).

In riferimento alla sismicità delle aree comunali, è stata riportata lo stralcio della Tav. 8G "Carta delle aree a maggior pericolosità sismica locale – PSC di Castrolibero".

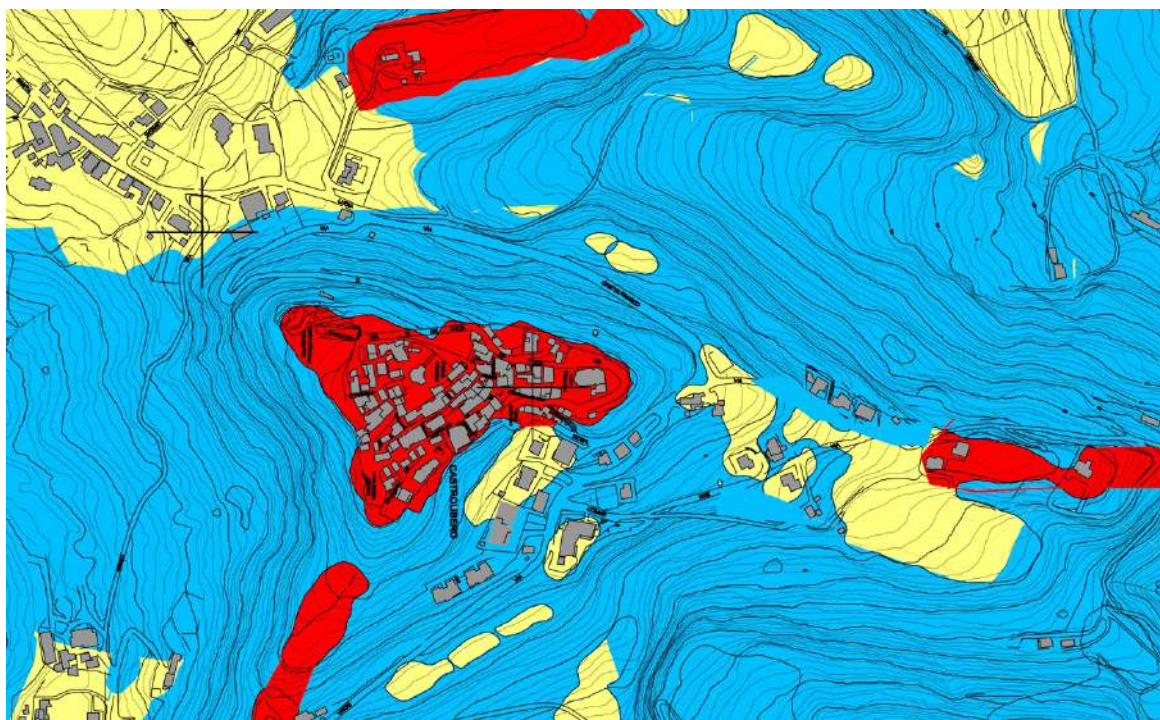


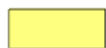
Fig. 5: Stralcio della Tav. 8G "Carta delle aree a maggior pericolosità sismica locale – PSC di Castrolibero"

Nella Legenda della Tav. 8G sono riportati i possibili effetti del terremoto, in funzione della tipologia geomorfologia e litotecnica dei siti trattati. Sono altresì state ricavate attraverso le indagini sismiche effettuate, le tipologie di suolo, e sono riportati i terremoti storici ricavati dal Catalogo dei Forti Terremoti (dell'Istituto Nazionale di Geofisica), dall'anno 461 a.c. al 1990.



Area tipo 1

Aree interessate da frane recenti, quiescenti, erosione diffusa, notevole acclività, pendenze maggiori del 50% e drenaggio superficiale diffuso; in tali siti, possono manifestarsi ulteriori accentuazioni dei fenomeni franosi ed erosivi, sia in atto che potenziali, dovuti all'amplificazione del moto del suolo lungo i pendii obliqui, e/o ribaltamenti di distacchi di blocchi dei litotipi interessati dall'erosione, con arretramento dell'orlo di scarpata.



Area tipo 2

Aree caratterizzate da depositi superficiali, con coperture aventi caratteristiche meccaniche alquanto scadenti. Possono verificarsi cedimenti diffusi del terreno in concomitanza di stress dinamici in relazione alle scadenti caratteristiche meccaniche dei terreni di copertura, con amplificazione del moto del suolo dovuto a differente risposta sismica tra substrato e copertura.



Area tipo 3

Aree di cresta e/o di dorsale rocciosa, cocuzzolo o dorsale stretta, aree di bordo e ciglio di scarpata, con $H > 10$ mt. Possono verificarsi amplificazioni diffuse del moto del suolo, connesse con la focalizzazione delle onde sismiche lungo pendii obliqui, e/o ribaltamenti, e distacchi di blocchi rocciosi, con arretramento dell'orlo di scarpata.

Le nuove norme tecniche per le costruzioni, D. Min. Infrastrutture 14 gennaio 2008, aggiornano la normativa sismica in vigore definendo la pericolosità sismica di base del sito di costruzione, elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica viene definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR (probabilità di superamento nel periodo di riferimento), nel periodo di riferimento VR :

$VR = VN \times CU$, dove VN è la vita nominale di un'opera strutturale e CU è il coefficiente d'uso.

In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito. Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Di seguito sono riportati:

- spettro di risposta elastico in accelerazione per i periodi di ritorno T_r di riferimento,
- tabella e diagrammi relativi ai valori di a_g , F_0 e T_c^* variabili col periodo di ritorno T_r .

L'accelerazione, la velocità e lo spostamento massimi al suolo, nonché il tempo rappresentativo della loro durata, pur essendo importanti caratteristiche, non possono da soli descrivere l'intensità e gli effetti di danneggiamento connessi all'evento sismico. L'effetto combinato dell'ampiezza dell'accelerazione, del contenuto di frequenze e della durata può essere convenientemente descritto attraverso lo spettro elastico di risposta (si veda grafico nella pag. successiva). Si ricorda che lo spettro di risposta elastico $S_e(T)$ è un diagramma che fornisce, al variare del periodo T , il valore massimo della pseudo-

accelerazione dell'oscillatore elementare soggetto all'azione del sisma, per un fissato valore del rapporto di smorzamento x .

L'importanza dello spettro di risposta risiede nel fatto che esso consente di valutare il ruolo esercitato dalla natura del sito sulla risposta del terreno libero, in quanto la forma stessa dello spettro di risposta tiene implicitamente conto sia della attenuazione delle onde sismiche in relazione alla distanza dall'epicentro, sia della risposta locale legata alle proprietà dinamiche del sito. Ciò consente di eseguire analisi di dettaglio dei fenomeni di amplificazione che si verificano in un sito durante il trasferimento di energia dalla roccia base alla superficie delle coperture sciolte. Queste analisi vengono generalmente eseguite per studi di microzonazione sismica o per particolari problemi di interazione dinamica terreno-struttura, a cui peraltro è collegato il danno alle strutture. L'adozione poi di uno spettro di progetto basato su uno spettro di risposta elastico ridotto mediante il coefficiente di struttura q consente, nell'ambito di analisi strutturali di tipo elastico, di tenere implicitamente conto della capacità di dissipazione di energia della struttura legata alla plasticizzazione degli elementi strutturali.

5 – Parametri sismici e spettri di risposta

Sito in esame.

Coordinate ED50

latitudine: 39,3107308045575

longitudine: 16,1945268638122

Coordinate WGS84

latitudine: 39.309714

longitudine: 16.193717

Classe d'uso: 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.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 39890 Lat: 39,3033 Lon: 16,1367 Distanza: 5043,963

Sito 2 ID: 39891 Lat: 39,3018 Lon: 16,2012 Distanza: 1150,087

Sito 3 ID: 39669 Lat: 39,3517 Lon: 16,2032 Distanza: 4620,087

Sito 4 ID: 39668 Lat: 39,3533 Lon: 16,1387 Distanza: 6742,282

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T2

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	30	[anni]
ag:	0,067	g
Fo:	2,297	
Tc*:	0,283	[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	50	[anni]
ag:	0,090	g
Fo:	2,275	
Tc*:	0,310	[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	475	[anni]
ag:	0,261	g
Fo:	2,429	
Tc*:	0,371	[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	975	[anni]
ag:	0,351	g
Fo:	2,469	
Tc*:	0,394	[s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss: 1,200

Cc: 1,420

St: 1,200

Kh: 0,019

Kv: 0,010

Amax: 0,950

Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,200

Cc: 1,390

St: 1,200

Kh: 0,026

Kv: 0,013

Amax: 1,264

Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,150

Cc: 1,340

St: 1,200

Kh: 0,101

Kv: 0,051

Amax: 3,538

Beta: 0,280

SLC:

Ss: 1,050

Cc: 1,330

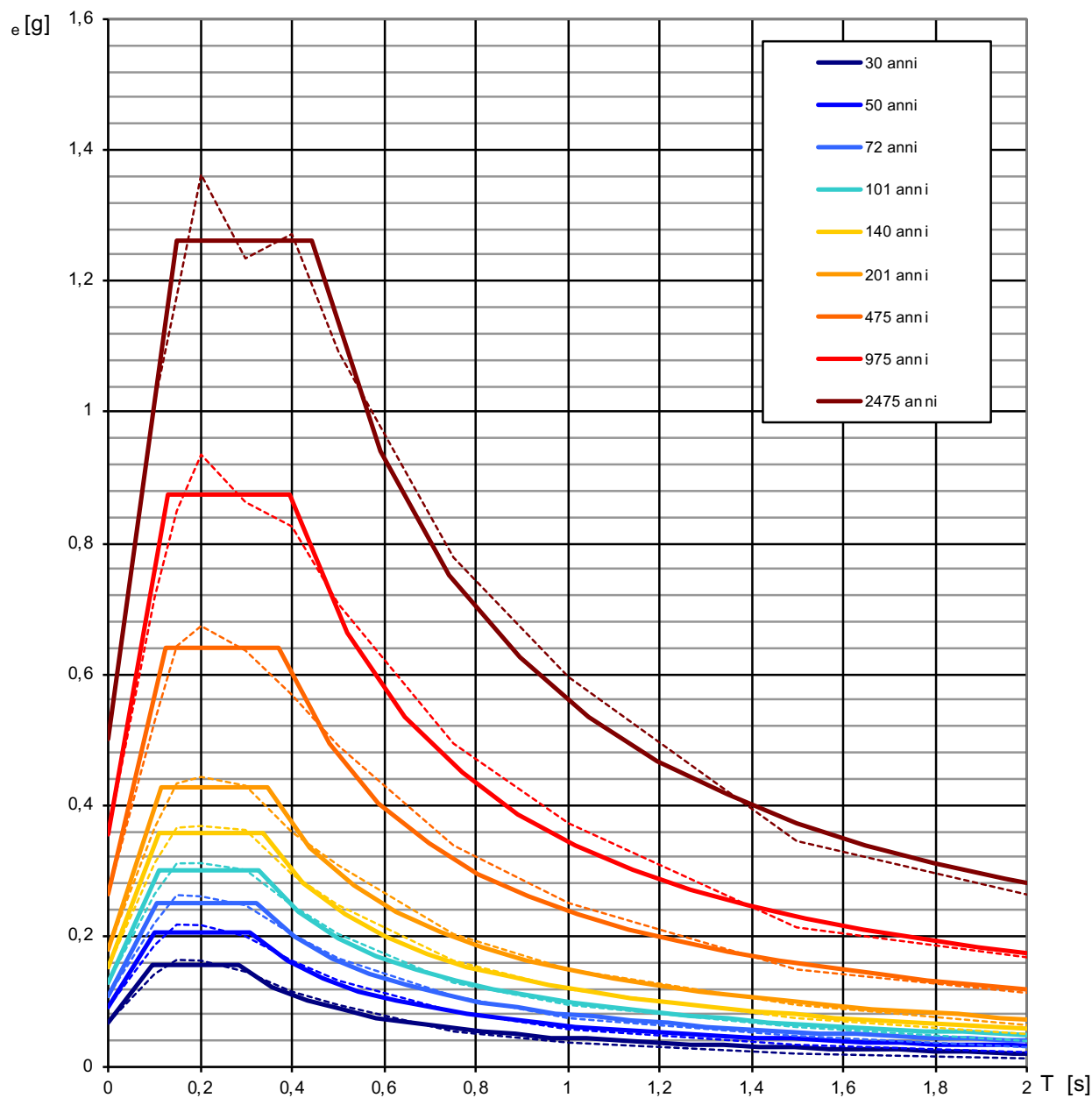
St: 1,200

Kh: 0,124

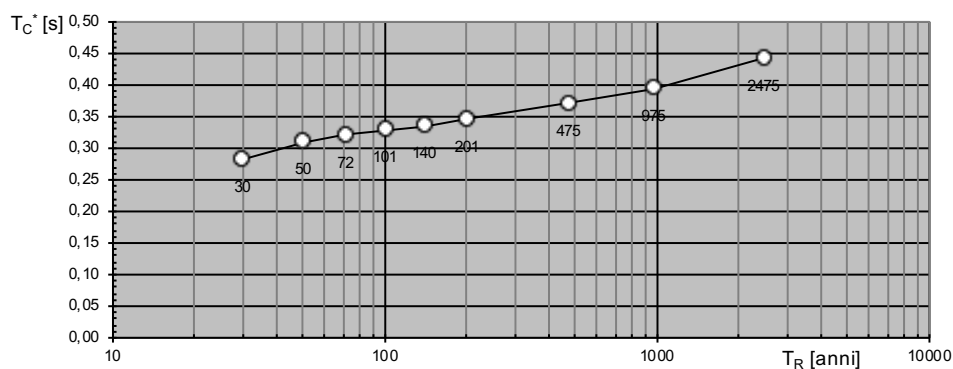
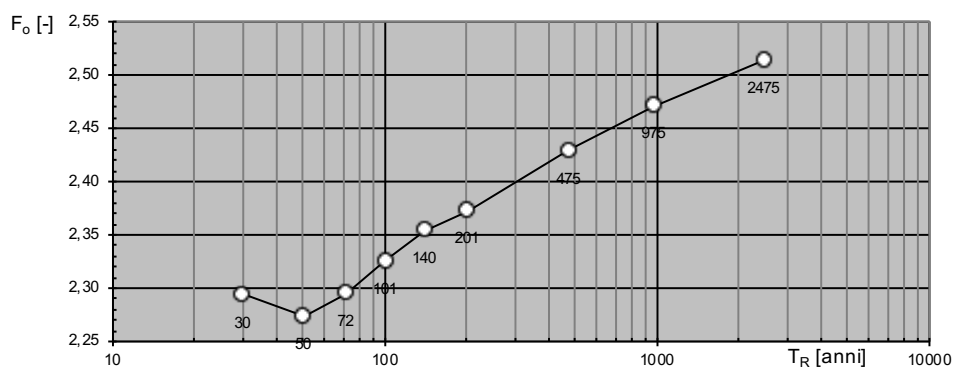
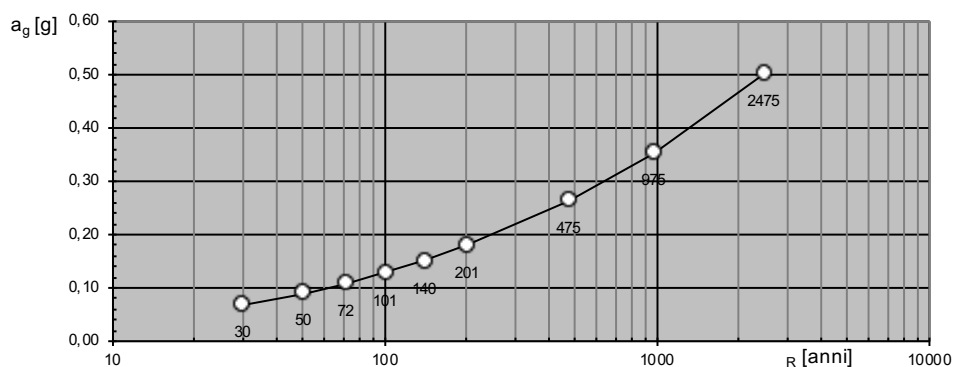
Kv: 0,062

Amax: 4,338

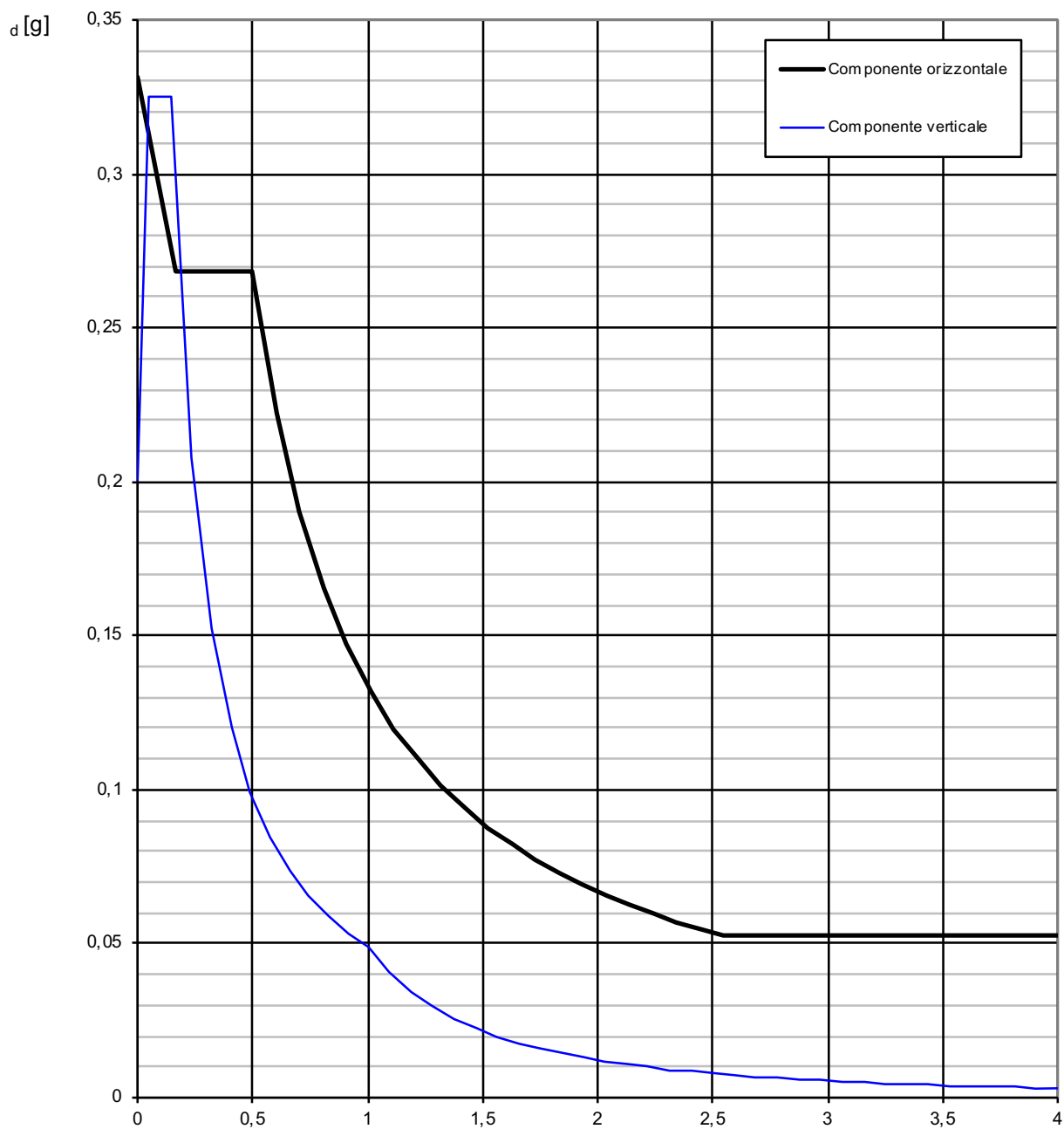
Beta: 0,280

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento**NOTA:**

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* : variabilità col periodo di ritorno T_R


T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,068	2,294	0,283
50	0,090	2,274	0,309
72	0,109	2,295	0,322
101	0,129	2,326	0,329
140	0,152	2,355	0,336
201	0,180	2,373	0,346
475	0,263	2,429	0,371
975	0,354	2,471	0,395
2475	0,502	2,514	0,443

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite:**SLV**

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite:**SLV****Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,263 g
F_{0*}	2,429
T_C	0,371 s
S_S	1,144
C_C	1,341
S_T	1,100
q	3,000

Parametri dipendenti

S	1,258
η	0,333
T_B	0,166 s
T_C	0,498 s
T_D	2,654 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 η 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	0,331
$T_B \leftarrow$	0,166	0,268
$T_C \leftarrow$	0,498	0,268
	0,600	0,222
	0,703	0,190
	0,806	0,166
	0,908	0,147
	1,011	0,132
	1,114	0,120
	1,216	0,110
	1,319	0,101
	1,422	0,094
	1,524	0,088
	1,627	0,082
	1,730	0,077
	1,832	0,073
	1,935	0,069
	2,038	0,066
	2,140	0,062
	2,243	0,060
	2,346	0,057
	2,448	0,055
	2,551	0,053
$T_D \leftarrow$	2,654	0,053
	2,718	0,053
	2,782	0,053
	2,846	0,053
	2,910	0,053
	2,974	0,053
	3,038	0,053
	3,102	0,053
	3,166	0,053
	3,231	0,053
	3,295	0,053
	3,359	0,053
	3,423	0,053
	3,487	0,053
	3,551	0,053
	3,615	0,053
	3,679	0,053
	3,744	0,053
	3,808	0,053
	3,872	0,053
	3,936	0,053
	4,000	0,053

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite:**SLV****Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
a_{qv}	0,182 g
S_S	1,000
S_T	1,100
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	1,683
S	1,100
η	0,667

Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

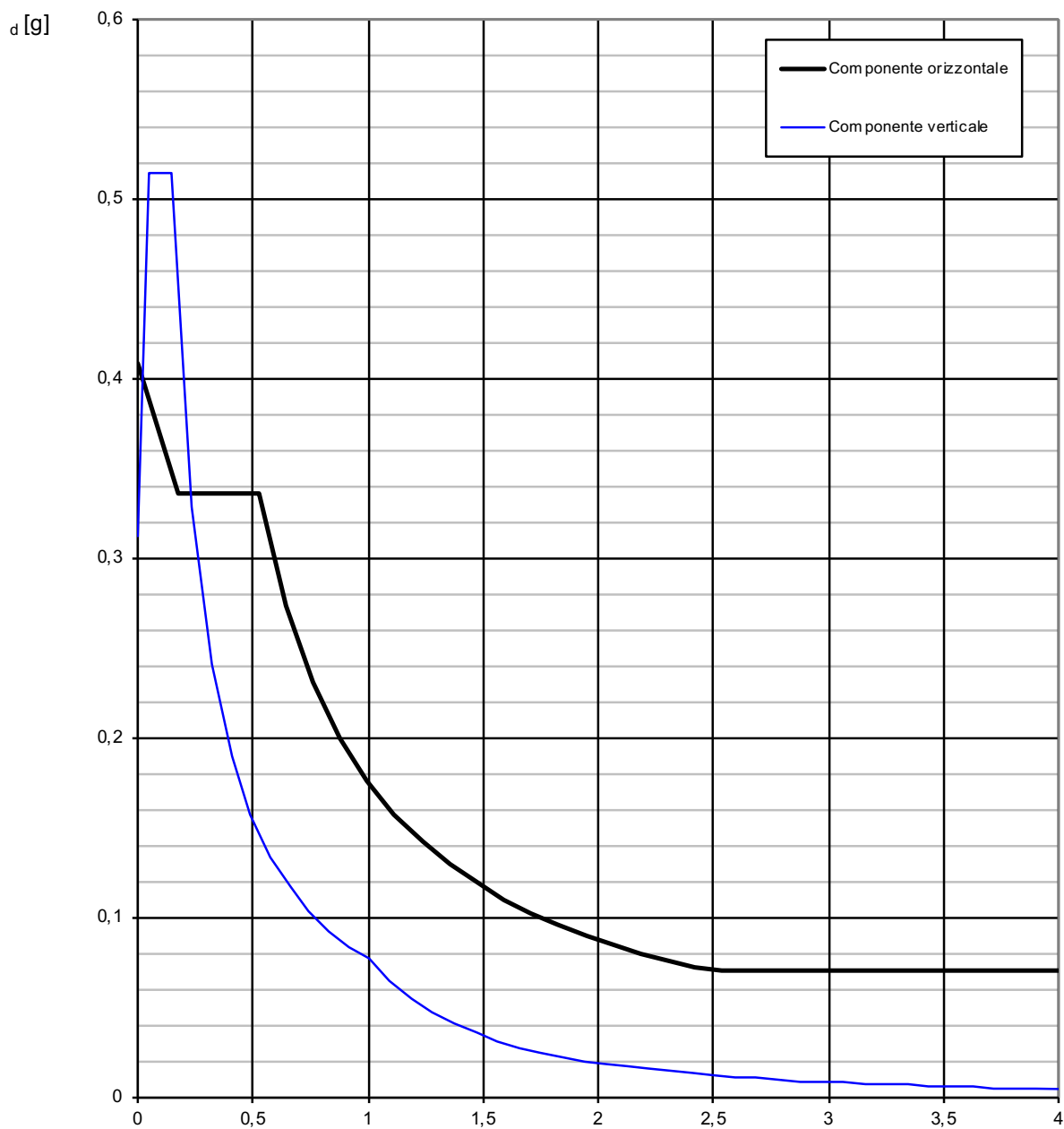
$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

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

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,201
$T_B \leftarrow$	0,050	0,325
$T_C \leftarrow$	0,150	0,325
	0,235	0,207
	0,320	0,152
	0,405	0,120
	0,490	0,100
	0,575	0,085
	0,660	0,074
	0,745	0,065
	0,830	0,059
	0,915	0,053
$T_D \leftarrow$	1,000	0,049
	1,094	0,041
	1,188	0,035
	1,281	0,030
	1,375	0,026
	1,469	0,023
	1,563	0,020
	1,656	0,018
	1,750	0,016
	1,844	0,014
	1,938	0,013
	2,031	0,012
	2,125	0,011
	2,219	0,010
	2,313	0,009
	2,406	0,008
	2,500	0,008
	2,594	0,007
	2,688	0,007
	2,781	0,006
	2,875	0,006
	2,969	0,006
	3,063	0,005
	3,156	0,005
	3,250	0,005
	3,344	0,004
	3,438	0,004
	3,531	0,004
	3,625	0,004
	3,719	0,004
	3,813	0,003
	3,906	0,003
	4,000	0,003

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite:**SLC**

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite:**SLC****Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLC
a_g	0,354 g
F_{q^*}	2,471
T_C	0,395 s
S_S	1,050
C_C	1,325
S_T	1,100
q	3,000

Parametri dipendenti

S	1,155
η	0,333
T_B	0,174 s
T_C	0,523 s
T_D	3,015 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 η 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	0,409
$T_B \leftarrow$	0,174	0,337
$T_C \leftarrow$	0,523	0,337
	0,641	0,274
	0,760	0,232
	0,879	0,200
	0,997	0,176
	1,116	0,158
	1,235	0,143
	1,353	0,130
	1,472	0,120
	1,591	0,111
	1,709	0,103
	1,828	0,096
	1,947	0,090
	2,065	0,085
	2,184	0,081
	2,303	0,076
	2,421	0,073
	2,540	0,071
	2,659	0,071
	2,777	0,071
	2,896	0,071
$T_D \leftarrow$	3,015	0,071
	3,062	0,071
	3,109	0,071
	3,155	0,071
	3,202	0,071
	3,249	0,071
	3,296	0,071
	3,343	0,071
	3,390	0,071
	3,437	0,071
	3,484	0,071
	3,531	0,071
	3,578	0,071
	3,625	0,071
	3,672	0,071
	3,718	0,071
	3,765	0,071
	3,812	0,071
	3,859	0,071
	3,906	0,071
	3,953	0,071
	4,000	0,071

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite:**SLC****Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLC
a_{gv}	0,284 g
S_S	1,000
S_T	1,100
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	1,984
S	1,100
η	0,667

Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

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

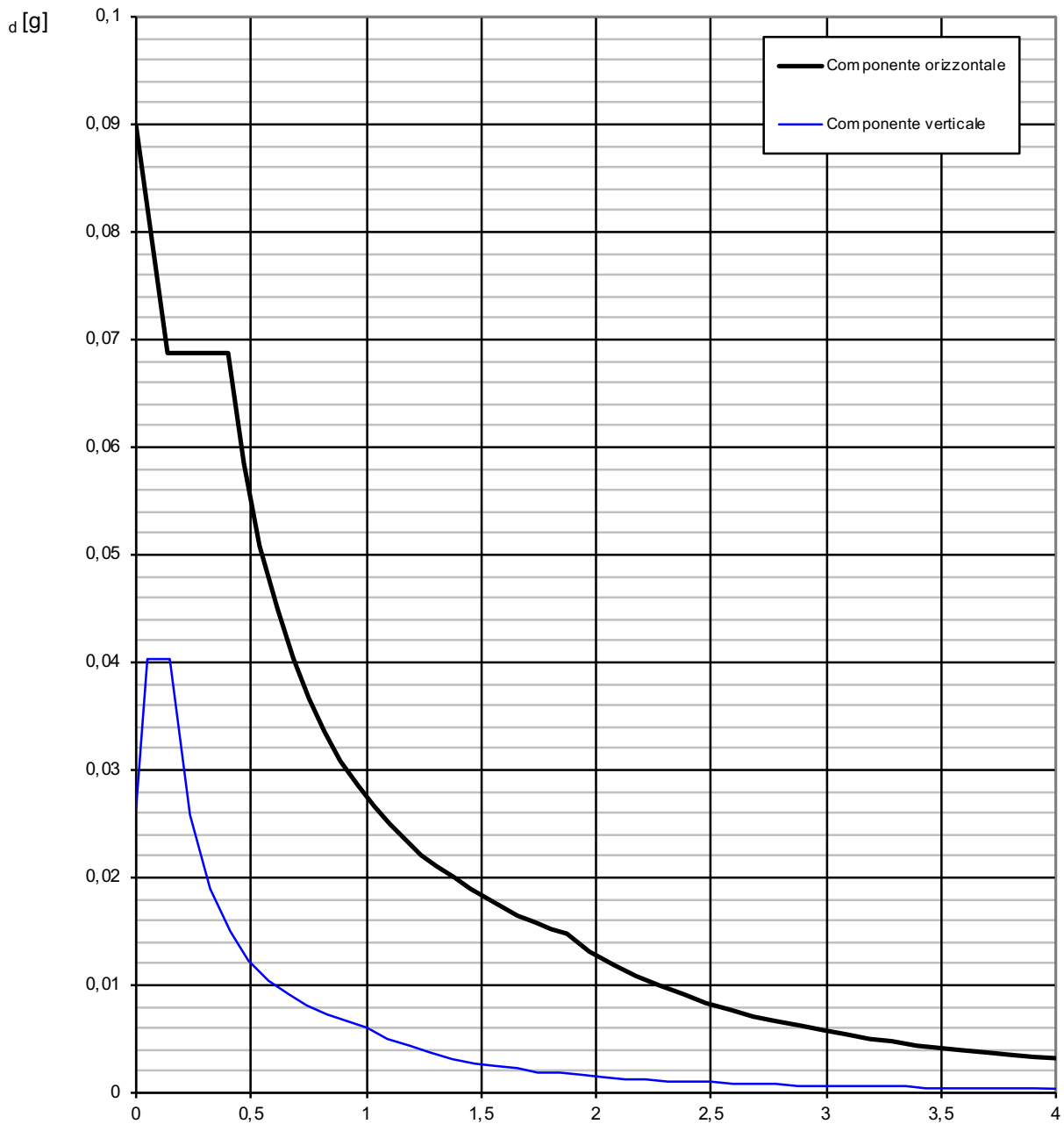
$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

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

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

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,312
$T_B \leftarrow$	0,050	0,515
$T_C \leftarrow$	0,150	0,515
	0,235	0,328
	0,320	0,241
	0,405	0,191
	0,490	0,158
	0,575	0,134
	0,660	0,117
	0,745	0,104
	0,830	0,093
	0,915	0,084
$T_D \leftarrow$	1,000	0,077
	1,094	0,065
	1,188	0,055
	1,281	0,047
	1,375	0,041
	1,469	0,036
	1,563	0,032
	1,656	0,028
	1,750	0,025
	1,844	0,023
	1,938	0,021
	2,031	0,019
	2,125	0,017
	2,219	0,016
	2,313	0,014
	2,406	0,013
	2,500	0,012
	2,594	0,011
	2,688	0,011
	2,781	0,010
	2,875	0,009
	2,969	0,009
	3,063	0,008
	3,156	0,008
	3,250	0,007
	3,344	0,007
	3,438	0,007
	3,531	0,006
	3,625	0,006
	3,719	0,006
	3,813	0,005
	3,906	0,005
	4,000	0,005

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite:**SLO**

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite:**SLO****Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLO
a_g	0,068 g
F_0	2,294
T_C	0,283 s
S_S	1,200
C_C	1,416
S_T	1,100
q	3,000

Parametri dipendenti

S	1,320
η	0,333
T_B	0,133 s
T_C	0,400 s
T_D	1,872 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 η 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	0,090
T_B ←	0,133	0,069
T_C ←	0,400	0,069
	0,471	0,058
	0,541	0,051
	0,611	0,045
	0,681	0,040
	0,751	0,037
	0,821	0,034
	0,891	0,031
	0,961	0,029
	1,031	0,027
	1,101	0,025
	1,171	0,023
	1,241	0,022
	1,312	0,021
	1,382	0,020
	1,452	0,019
	1,522	0,018
	1,592	0,017
	1,662	0,017
	1,732	0,016
	1,802	0,015
T_D ←	1,872	0,015
	1,974	0,013
	2,075	0,012
	2,176	0,011
	2,278	0,010
	2,379	0,009
	2,480	0,008
	2,581	0,008
	2,683	0,007
	2,784	0,007
	2,885	0,006
	2,987	0,006
	3,088	0,005
	3,189	0,005
	3,291	0,005
	3,392	0,004
	3,493	0,004
	3,595	0,004
	3,696	0,004
	3,797	0,004
	3,899	0,003
	4,000	0,003

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite:**SLO****Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLO
a_{gv}	0,024 g
S_S	1,000
S_T	1,100
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	0,808
S	1,100
η	0,667

Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

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

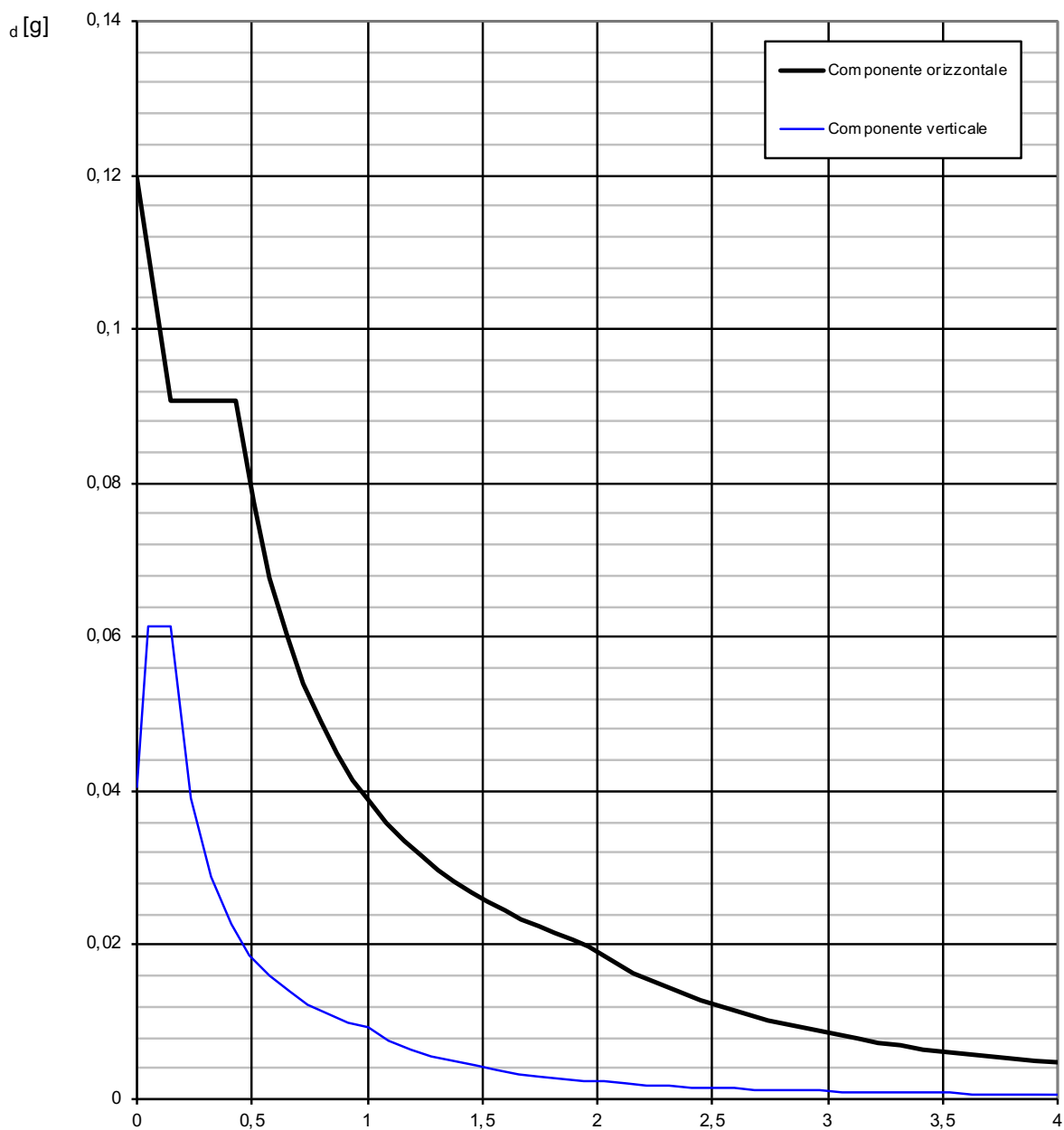
$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

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

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

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,026
T_B ←	0,050	0,040
T_C ←	0,150	0,040
	0,235	0,026
	0,320	0,019
	0,405	0,015
	0,490	0,012
	0,575	0,011
	0,660	0,009
	0,745	0,008
	0,830	0,007
	0,915	0,007
T_D ←	1,000	0,006
	1,094	0,005
	1,188	0,004
	1,281	0,004
	1,375	0,003
	1,469	0,003
	1,563	0,002
	1,656	0,002
	1,750	0,002
	1,844	0,002
	1,938	0,002
	2,031	0,001
	2,125	0,001
	2,219	0,001
	2,313	0,001
	2,406	0,001
	2,500	0,001
	2,594	0,001
	2,688	0,001
	2,781	0,001
	2,875	0,001
	2,969	0,001
	3,063	0,001
	3,156	0,001
	3,250	0,001
	3,344	0,001
	3,438	0,001
	3,531	0,000
	3,625	0,000
	3,719	0,000
	3,813	0,000
	3,906	0,000
	4,000	0,000

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite:**SLD**

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite:**SLD****Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
a_g	0,091 g
F_o	2,274
T_C^*	0,310 s
S_S	1,200
C_C	1,391
S_T	1,100
q	3,000

Parametri dipendenti

S	1,320
η	0,333
T_B	0,144 s
T_C	0,431 s
T_D	1,962 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

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

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

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 η 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	0,120
$T_B \leftarrow$	0,144	0,091
$T_C \leftarrow$	0,431	0,091
	0,504	0,078
	0,576	0,068
	0,649	0,060
	0,722	0,054
	0,795	0,049
	0,868	0,045
	0,941	0,041
	1,014	0,038
	1,087	0,036
	1,160	0,034
	1,233	0,032
	1,306	0,030
	1,379	0,028
	1,452	0,027
	1,525	0,026
	1,598	0,024
	1,671	0,023
	1,744	0,022
	1,817	0,021
	1,889	0,021
$T_D \leftarrow$	1,962	0,020
	2,059	0,018
	2,156	0,016
	2,254	0,015
	2,351	0,014
	2,448	0,013
	2,545	0,012
	2,642	0,011
	2,739	0,010
	2,836	0,010
	2,933	0,009
	3,030	0,008
	3,127	0,008
	3,224	0,007
	3,321	0,007
	3,418	0,007
	3,515	0,006
	3,612	0,006
	3,709	0,006
	3,806	0,005
	3,903	0,005
	4,000	0,005

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite:**SLD****Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
a_{gv}	0,037 g
S_S	1,000
S_T	1,100
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	0,924
S	1,100
η	0,667

Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

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

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,041
$T_B \leftarrow$	0,050	0,061
$T_C \leftarrow$	0,150	0,061
	0,235	0,039
	0,320	0,029
	0,405	0,023
	0,490	0,019
	0,575	0,016
	0,660	0,014
	0,745	0,012
	0,830	0,011
	0,915	0,010
$T_D \leftarrow$	1,000	0,009
	1,094	0,008
	1,188	0,007
	1,281	0,006
	1,375	0,005
	1,469	0,004
	1,563	0,004
	1,656	0,003
	1,750	0,003
	1,844	0,003
	1,938	0,002
	2,031	0,002
	2,125	0,002
	2,219	0,002
	2,313	0,002
	2,406	0,002
	2,500	0,001
	2,594	0,001
	2,688	0,001
	2,781	0,001
	2,875	0,001
	2,969	0,001
	3,063	0,001
	3,156	0,001
	3,250	0,001
	3,344	0,001
	3,438	0,001
	3,531	0,001
	3,625	0,001
	3,719	0,001
	3,813	0,001
	3,906	0,001
	4,000	0,001

6 . MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto le nuove norme tecniche propongono la definizione dell'azione sismica secondo un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento. In particolare propongono l'adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo, mediante cinque tipologie di suoli (A - B - C - D - E più altri due speciali: S1 e S2), da individuare in relazione ai parametri di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 metri di terreno (V_{s30}).

Per la valutazione degli effetti di amplificazione stratigrafica è stata quindi determinata la categoria di sottosuolo in funzione del valore di V_{s30} misurato in sito mediante indagine sismica MASW, eseguita nel lotto di studio.

Il metodo delle onde superficiali attive (MASW) è un metodo di caratterizzazione sismica basato sull'analisi della dispersione geometrica delle onde superficiali di Rayleigh registrate da geofoni posti lungo uno stendimento sulla superficie del suolo.

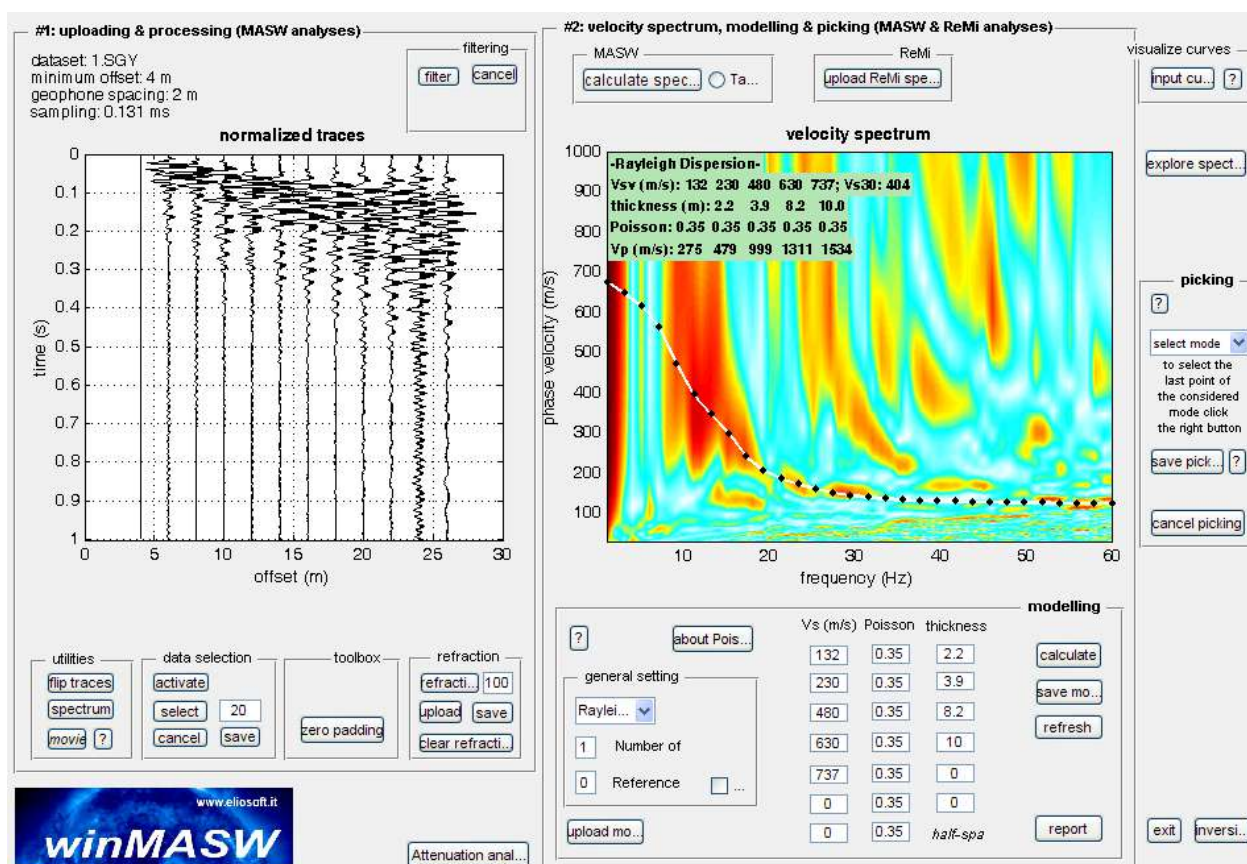


Foto 14: A sinistra è riportato lo spettro di risposta elastico, mentre a destra lo spettro di velocità calcolato

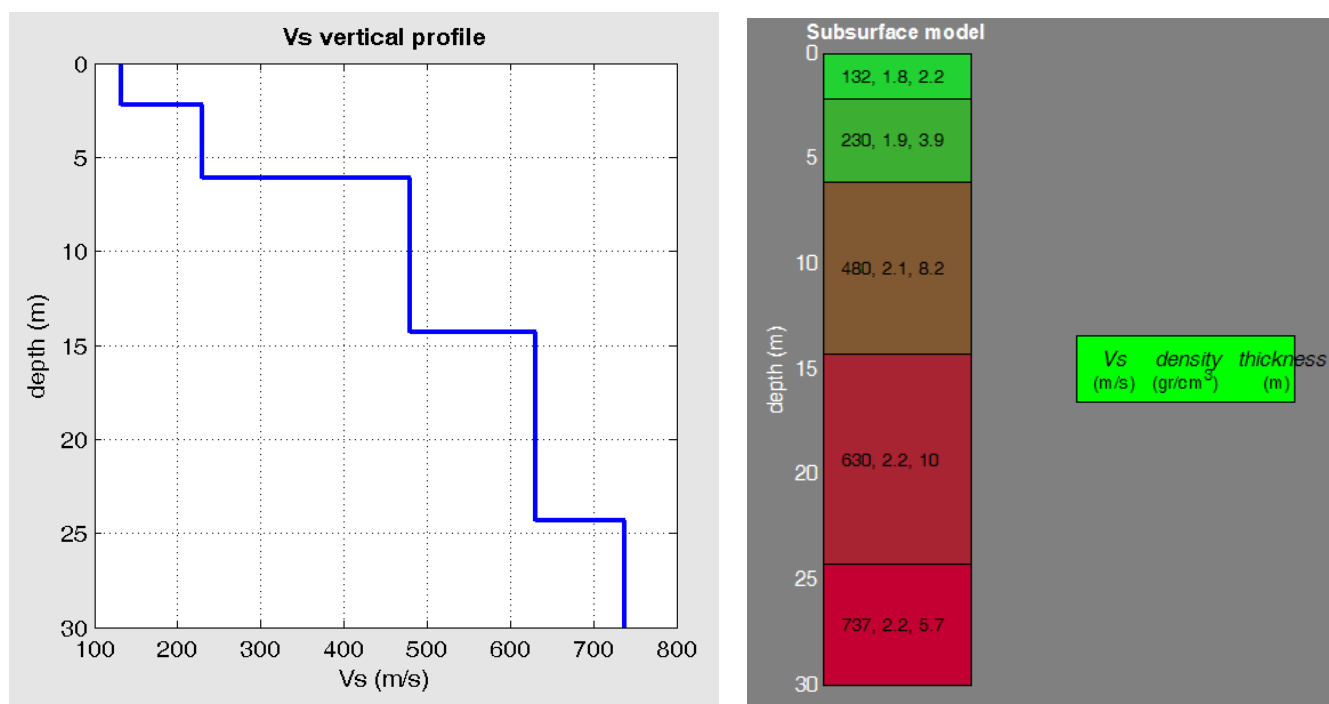


Foto 15: A sinistra il grafico del profilo verticale delle velocità sismiche S (Vs), a destra la sismostratigrafia elaborata della prova eseguita.

Vs30 = 404 m/s

Se si considerano differenti profondità del piano fondazionale, il parametro diventa:

- al piano fondazionale posto a -1,00 m dal p.c.: Vs30 = 441 m/s
- al piano fondazionale posto a -1,50 m dal p.c.: Vs30 = 462 m/s
- al piano fondazionale posto a -2,00 m dal p.c.: Vs30 = 485 m/s
- al piano fondazionale posto a -2,50 m dal p.c.: Vs30 = 502 m/s
- al piano fondazionale posto a -3,00 m dal p.c.: Vs30 = 515 m/s

Tabella 2 – Principali parametri sismici ottenuti dalla prova MASW

N. STRATO	SPESSORE (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	DENSITA' (g/cm ³)	MODULO DI TAGLIO (MPa)	MODULO DI BULK (MPa)	MODULO DI YOUNG (MPa)
1	2,2	132	313	1,77	31	133	86
2	3,9	230	546	1,91	101	434	281
3	8,2	480	1139	2,09	481	2065	1338
4	10,0	630	1495	2,15	854	3670	2378
5	Semi-Spazio	737	1749	2,19	1189	5113	3312

Categorie	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle 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).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi fra 180 e 360 m/s ($15 < N_{spt,30} < 50$ nei terreni a grana grossa, $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati oppure di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ($N_{spt,30} < 15$ nei terreni a grana grossa, $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, giacenti su un substrato di riferimento ($V_s > 800$ m/s).

Categorie aggiuntive di sottosuolo:

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

I moduli sono stati determinati partendo dalle velocità delle onde trasversali ottenute nel profilo MASW; la dispersione delle onde di Rayleigh dipende essenzialmente dalla V_s e dalla potenza degli strati (geometria). Pertanto è opportuno precisare che i parametri elastici calcolati, rappresentano delle stime preliminari ed hanno, quindi, soltanto un valore indicativo.

Rende, Gennaio 2018

Il Geologo

Dott. Geol. Sergio Soleri